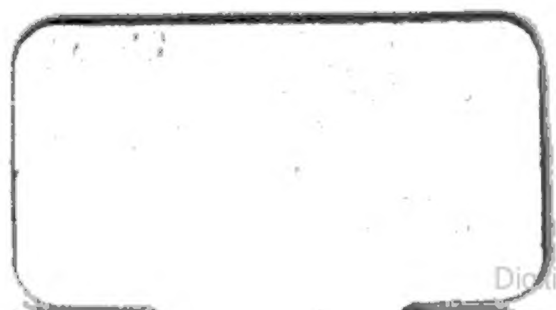
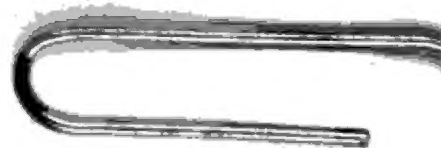

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06274721 1







PAA
ANNALEN



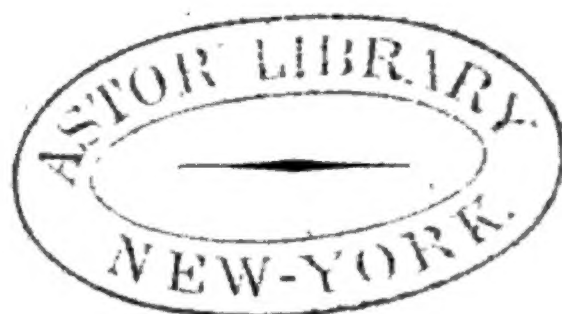
ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LXXVII.

ANNALEN
DER
PHYSIK
UND
CHEMIE.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

SIEBEN UND SIEBZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT DREI UND FUNFZIGSTER.

NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1849.
VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.

Inhalt

des Bandes LXXVII der Annalen der Physik und Chemie.

Erstes Stück.

(*Geschlossen am* 4. *Juni* 1849.)

Zweites Stück.

(Geschlossen am 14. *Juni* 1849.)

Drittes Stück.

Viertes Stück.

(*Geschlossen am* 1. *August* 1849.)

Nachweis zu den Kupfertafeln.

1849. ANNALEN №. 5.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXVII.

I. *Ueber das Verhalten des Quecksilbers bei seiner elektro-magnetischen Rotation;*
von J. C. Poggendorff.

(Gelesen in der Akademie am 14. Dec. 1848 und der Hauptsache nach in deren Monatsberichten mitgetheilt).

Die niedliche und für die Theorie so interessante Erscheinung der elektro-magnetischen Rotation ist kurz nach einander unter verschiedenen Formen entdeckt und studirt worden. Mehr zufällig als absichtlich glückte es Humphry Davy zuerst sie darzustellen, als er den Lichtbogen einer Volta'schen Batterie dem einen Pol eines starken Magnets unter sehr schiefem Winkel gegenüber hielt. Er beschrieb die Erscheinung in einer am 5. Juli 1821 in der K. Gesellschaft zu London gelesenen Abhandlung [1]), ging indefs so kurz über dieselbe hinweg, dafs sie vermuthlich noch lange wenig Beachtung gefunden haben würde, wenn nicht Faraday im September desselben Jahres in der Wechselwirkung eines starren Stromleiters und eines Magnetstabes ein viel einfacheres und mannigfacher Abänderungen fähiges Mittel zur Hervorbringung continuirlicher Rotationen des einen oder andern dieser beiden Elemente kennen gelehrt hätte [2]). Schon im November darauf wurde diese wichtige Entdeckung durch Ampère auf die Fälle ausgedehnt, wo der Magnetstab entweder durch den Erd-

1) *Philosoph. Transact. f.* 1821. *p.* 425 (Gilbert's Ann. Bd. 71. S. 244). In neuerer Zeit ist die Rotation des Lichtbogens unter magnetischem Einflufs wiederum von C. V. Walker hervorgebracht (Ann. Bd. 54. S. 514).

2) *Quarterly Journ. of Science Vol. XII. p.* 74, 186, 283 und 416 (Gilbert's Ann. Bd. 71. S. 124 und Bd. 72. S. 113).

magnetismus oder durch einen zweiten starren Stromleiter ersetzt ist [1]); und eine fernere Erweiterung erfuhr dieselbe im Jahre 1823, indem Humphry Davy zeigte, dafs auch ein flüssiger metallischer Leiter, Quecksilber oder geschmolzenes Zinn, unter gleichen Umständen wie ein starrer, in elektro-magnetische Drehung versetzt werden kann [2]), eine Thatsache, die denn auch späterhin bei nicht-metallischen flüssigen Leitern nachgewiesen worden ist.

So rasch dieser Kreis von Erscheinungen in experimenteller Hinsicht durchforscht worden ist, so schnell hat er auch in theoretischer seine Erledigung gefunden. Ampère, obwohl die continuirlichen Rotationen nicht voraussehend, hat sie sehr bald auf die von ihm entdeckten elektro-dynamischen Gesetze zurückgeführt, und wenn auch seine Erklärung nicht vollständig ist, so enthält sie doch die Grundzüge der richtigen Theorie. Als mechanisches Problem möchte die elektro-chemische Rotation wohl schwerlich noch gegenwärtig eine wesentlich neue Seite darbieten, und sicher würde ich nicht von ihr zu reden haben, wenn sie nicht, bei Anwendung von Quecksilber, mit einer Erscheinung verknüpft wäre, die, obwohl in das Gebiet der Chemie fallend, doch auch für den Physiker von mehrfachem Interesse ist.

Die elektro-magnetische Rotation des Quecksilbers zeigt mehre beachtenswerthe Umstände, die zum Theil schon von Davy beobachtet worden sind. Der Gang seiner Untersuchung und die Resultate derselben waren der Hauptsache nach folgende. Anfangs stellte Derselbe seine Versuche in der Art an, dafs er in eine mit Quecksilber gefüllte Schale die beiden Poldrähte einer Volta'schen Batterie lothrecht hinabgehen liefs, und nun von unten oder oben her einen Magnetstab näherte. Er sah dann das Quecksilber um die beiden Drähte entgegengesetzte Rotationen annehmen, deren

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XVIII. p.* 331 und 372, *T. XX. p.* 60 Gilb. Ann. Bd. 71. S. 172 und Bd. 72. S. 257.

2) *Philosoph. Transact. f.* 1823. *p.* 153 (*Ann. de chim. et de phys. T. XXV. p.* 64).

Richtungen überdiefs verschieden waren je nach der Natur und der Lage des einwirkenden Magnetpols.

Hierauf leitete er die Drähte der Batterie, von unten her, durch den Boden der Schale, und überzog dieselben so weit mit Siegellack, dafs nur ihre zuvor abgeflächten und polirten Enden entblöfst blieben und mit dem Quecksilber in Berührung kamen, von welchem sie nur etwa eine Linie hoch bedeckt wurden. Bei dieser Abänderung des Versuchs beobachtete er eine auffallende Erscheinung, die ihm speciell zu der Mittheilung in den *Philosoph. Transact. f.* 1823 Veranlassung gab.

Nicht allein, dafs jetzt die Rotationen des Quecksilbers auch ohne Magnet, nur nicht so stark wie mit Hülfe desselben, zum Vorschein kamen, zeigte sich nämlich über beiden Drahtenden eine Hebung des Quecksilbers über sein Niveau, je nach der Stärke des Stroms von einer bis zwei Linien, somit zwei Kegel bildend, von dessen Scheiteln das flüssige Metall fortwährend nach allen Seiten abflofs. Durch Näherung eines Magnetpols von oben her konnten diese Kegel bis zum Niveau des Quecksilbers abgeflacht, ja sogar in eine Vertiefung von etwa 6 Linien Betrag verwandelt werden, während die Masse zugleich schneller herumwirbelte. Alle diese Vorgänge wiederholten sich, als die kupfernen Poldrähte der Batterie ersetzt wurden durch offene Glasröhren, die, wie die Schale, mit Quecksilber gefüllt waren.

Davy spricht keine bestimmte Meinung über die Ursache der eben erwähnten Erscheinung aus, sondern begnügt sich damit, mehrfach nachzuweisen, dafs sie nicht aus einer Temperatur-Erhöhung des Quecksilbers am Ein- und Austrittsort des Stroms entsprungen seyn konnte, da dort, unter den Umständen seiner Versuche, die Temperatur nur unbedeutend erhöht ward.

Ich habe die Davy'sche Erscheinung nicht näher studirt, da ich sie mit der kleinen Batterie, die mir zu Gebote stand, nicht hervorzubringen vermochte; allein es scheint mir wenig zweifelhaft, dafs die Hebung des Quecksilbers

über den Enden der Polardrähte einfach aus der Repulsion entsprungen sey, welche, wie Ampère gezeigt, die Theile eines Stroms, in Richtung seiner selbst, auf einander ausüben. Es scheint mir, nur in anderer Form, dieselbe Erscheinung zu seyn, welche Faraday beobachtete, als er zwei Quecksilbernäpfe durch einen mittelst Gegengewicht an einem Waagebalken in der Schwebe gehaltenen Bügel aus Kupferdraht verband, und nun die Pole einer Batterie in die Näpfe tauchte; es hob sich dann der Bügel um mehr als einen Zoll aus dem Quecksilber und, so wie der Strom unterbrochen ward, senkte er sich wieder hinab [1]). Viele Jahre später haben Lenz und Jacobi Gelegenheit gehabt, die Erscheinung in auffallenderer Gestalt zu sehen, als sie eine Batterie von 12 grofsen Plattenpaaren, denen Quecksilbernäpfe angelöthet waren, blofs durch dicke Kupferbügel in sich schlossen: im Moment des Schliefsens sprangen sämmtliche Kupferbügel mit lautem Geprassel aus den Quecksilbernäpfen heraus [2]).

Die Erhebung des Quecksilbers über sein Niveau, bei dem Davy'schen Versuch, hätte also nichts Anomales, und eben so wenig dürfte die Senkung und Vertiefung desselben durch den genäherten Magnetpol eine Schwierigkeit in der Erklärung finden, da bei der durch den Magnet hervorgerufenen Rotation des Quecksilbers eine Centrifugalkraft entsteht, die nothwendig eine solche Wirkung auf die flüssige Masse ausüben mufs.

Man kann diese Depression schon mit ganz geringen Mitteln hervorbringen, der Magnet mag über oder unter das Quecksilber gestellt seyn [3]). Sie läfst sich benutzen, um eine für die Theorie des Galvanismus nicht unwichtige Thatsache nachzuweisen, die auf anderem Wege schwerlich reiner dargestellt werden kann.

1) Gilb. Annal. Bd. 72. S. 127.

2) Ann. Bd. 47. S. 461.

3) Dafs immer eine Depression erfolgt, gleich viel es mag ein Nord- oder Südpol über oder unter dem Quecksilber befindlich seyn, ist wohl ein deutlicher Beweis, dafs sie nur Wirkung der Centrifugalkraft sey.

Zu dem Ende verfahre ich folgendermafsen. In ein Uhrglas oder Porcellanschälchen giefse ich etwa eine Unze Quecksilber, setze dasselbe auf eine Drahtrolle, die einen Eisenkern einschliefst, und tauche nun lothrecht in das flüssige Metall zwei Drähte von Eisen oder Platin, den einen nahe am Rande, den andern in der Mitte der runden Masse, und zwar den letzteren so, dafs er nur etwa eine halbe Linie tief eingesenkt ist. Werden nun die erforderlichen Verbindungen gemacht, um dem Strom einer galvanischen Kette durch den Draht der Rolle und das Quecksilber einen zusammenhängenden Weg darzubieten, so wird beim Schliefsen der Eisenkern zu einem Magnet und damit tritt denn sogleich eine lebhafte Rotation des Quecksilbers ein. In Folge der durch diese Rotation erzeugten Centrifugalkraft senkt sich das Quecksilber in der Mitte, und, wenn der centrale Draht nicht zu tief eingetaucht ist, kommt bald ein Moment, wo das Quecksilber sich von ihm abtrennt, und dadurch eine Unterbrechung des Stroms bewirkt. Von diesem Moment an setzt das Quecksilber seine Rotation nur vermöge der erlangten Geschwindigkeit fort, verlangsamt aber dieselbe wegen der Reibung an dem Gefäfse bald ansehnlich, hebt sich dadurch in der Mitte, und kommt zuletzt wieder mit dem centralen Draht in Berührung, wo dann die Rotation mit anfänglicher Geschwindigkeit von Neuem beginnt.

Bei diesem Vorgang hat man nun zu bemerken Gelegenheit, dafs allemal, wenn das Quecksilber den centralen Draht verläfst, ein Funke erscheint, niemals aber, wenn es wiederum mit ihm in Berührung tritt, was augenscheinlich beweifst, dafs der so häufig besprochene galvanische Schliefsungsfunke nicht existirt, weder bei der einfachen Kette, noch bei der Batterie, denn man kann beide Apparate ohne Unterschied mit gleichem Erfolg zu dem erwähnten Versuch benutzen. Man kann den Beweis wohl auf anderem Wege führen, schwerlich aber entscheidender und leichter, da sich ohne zusammengesetzte Hülfsmittel kaum ein sanfteres, von allen Erschütterungen freies Schliefsen der Kette bewerkstelligen lassen dürfte, als es mittelst des rotirenden Queck-

silbers geschieht, sobald man nur eine standfeste Unterlage zur Verfügung hat.

Es ist indefs nicht diese Erscheinung, von der ich ausführlicher reden wollte, sondern eine andere, deren Davy nicht gedenkt, und deren ich überhaupt nirgends erwähnt gefunden habe, obwohl sie beim Gebrauch der zahlreichen Apparate, die man seit länger als einem Vierteljahrhundert zum Erweise der elektro-magnetischen Rotationen construirt hat, von Diesem oder Jenem flüchtig bemerkt worden seyn mag.

Um dieselbe zu beobachten, kann man sich einer Vorrichtung von eben beschriebener Art bedienen, nur dafs man den centralen Draht so tief in das Quecksilber taucht, dafs keine Trennung beider, also auch keine Funkenbildung, die immer das Quecksilber verunreinigt, stattfinden kann. Ein einziger Grove'scher Becher damit verbunden, genügt vollkommen dem Zweck [1]).

Schliefst man nun die Kette, so erfolgt also sogleich eine lebhafte Rotation des Quecksilbers, die besonders deutlich wird, wenn man auf die Oberfläche desselben leichte Körpertheilchen streut, Papierfäserchen, Korkfeilsel oder dergleichen Substanzen. Im ersten Moment geschieht die Rotation um beide Drähte in entgegengesetzter Richtung, aber bald überwiegt die um den centralen Draht, wegen seiner vortheilhafteren Stellung, und nun hat man also nur eine einzige Rotationsrichtung, wobei jedoch die Theilchen mit ungleicher Winkelgeschwindigkeit herum kreisen, die näher der Mitte mit gröfserer als die ferneren; ja genau besehen, beschreiben sie nicht einmal Kreise, sondern verwickeltere Curven um den centralen Draht, was auch bei der unglei-

1) Die Drahtrolle des eben erwähnten Apparats schliefst einen Eisencylinder von 8 Lin. par. Durchmesser ein, ist 4 Zoll hoch und mit 3 Pfund Kupferdraht von einer par. Lin. Dicke bewickelt. Auf dieser Rolle steht zur Aufnahme des Quecksilbers entweder ein Uhrglas, eine Porcellanschale oder der untere Theil einer durchschnittenen Glasflasche. Die Poldrähte der Kette sitzen entweder an einem Stativ oder in einem Pfropfen, mit welchem der Hals einer aus einer Glasflasche gebildeten Glocke verschlossen ist.

chen Vertheilung des galvanischen Stroms in der Quecksilbermasse nicht füglich anders seyn kann.

Je nach Umständen, 5, 10 oder 15 Minuten bleibt Alles unverändert in diesem Zustand. Nach und nach verlangsamt sich aber die Geschwindigkeit, die Theilchen rotiren nicht mehr getrennt, sondern gleichsam zusammenhängend, wie wenn die Oberfläche des Quecksilbers eine starre Scheibe bildete, immer träger wird die Rotation dieser Scheibe und am Ende hört sie gänzlich auf. Dabei hat der Strom, wie man sich leicht überzeugen kann, nichts von seiner Stärke verloren; ja man kann ihn sogar durch einen zweiten Grove'schen Becher verstärken, ohne dafs sich das Quecksilber wieder in Bewegung setzt.

Als ich vor etwa einem Jahr diese Erscheinung zuerst beobachtete, setzte sie mich nicht wenig in Verwunderung, da ich keinen Grund anzugeben vermochte, weshalb der Strom oder der Magnet seine Wirksamkeit verloren haben sollte; allein bald überzeugte ich mich, dafs das Phänomen seinen Sitz nur an der Oberfläche, nicht in der Masse des Quecksilbers habe; denn wenn ich unter gehörig schiefem Winkel auf das Metall blickte, konnte ich deutlich an einer gewissen Wellenbewegung erkennen, dafs die Rotation keineswegs aufgehört hatte, sondern sich im Innern der Masse unverändert und mit grofser Geschwindigkeit fortsetzte. Es war also klar, dafs blofs die Oberfläche des Quecksilbers eine Veränderung erlitten haben mufste.

Für diesen Schlufs spricht noch der Umstand, dafs man Quecksilber, welches unbeweglich geworden ist, nur in eine Flasche zu giefsen und tüchtig durchzuschütteln braucht, um ihm seine frühere Beweglichkeit vollständig wieder zu geben. Man kann diefs sehr oft mit unverändertem Erfolg wiederholen, und hat dadurch das einfachste Mittel in der Hand den Versuch fast unzählige Mal mit derselben Portion Quecksilber anzustellen. Doch läfst sich bemerken, dafs das Quecksilber um so schneller die Beweglichkeit verliert, je öfter es in dieser Weise benutzt worden ist.

Die Veränderung der Oberfläche des Metalls allein ist

es jedoch nicht, was die Unbeweglichkeit hervorruft. Sie hat ihren Grund zum Theil auch in einer vermehrten Adhäsion des Quecksilbers zu der Wandung des Gefäfses. Denn, wenn man bei einem grofsen Tropfen Quecksilber, der in einem Uhrglase unbeweglich geworden ist, mehrmals mit einer feinen Nadel zwischen Glas und Metall herumstreicht, und somit die Oberfläche des Tropfens gleichsam vom Glase abschneidet, setzt sich diese wiederum in Bewegung, jedoch immer nur auf kurze Zeit, als eine zusammenhängende Scheibe und mit geringer Geschwindigkeit. Dasselbe erfolgt auch, wenn man den kapillaren ringförmigen Raum zwischen Glas und Quecksilber mit Wasser oder Alkohol ausfüllt, ohne die übrige Fläche des Metalls zu benässen.

Die nächste Frage war nun wohl die: Ob die Erscheinung eine Wirkung des galvanischen Stromes sey oder nicht. Um hierüber Auskunft zu erhalten, nahm ich eine Portion Quecksilber, von deren Beweglichkeit ich mich zuvörderst überzeugt hatte, und prüfte sie von Zeit zu Zeit auf wenige Augenblicke in der angegebenen Weise. Dadurch stellte sich dann bald heraus, dafs das Quecksilber schon für sich, durch blofses Stehen an der Luft, in den Zustand der relativen Unbeweglichkeit übergeht, dafs folglich der galvanische Strom als solcher keinen Theil an der Erscheinung hat, sondern nur als Reagens dient, um dieselbe sichtbar zu machen.

Nach einiger Uebung hält es auch gar nicht schwer, schon durch blofses Umrühren des Quecksilbers mit einer Nähnadel zu erkennen, ob dasselbe eine bewegliche Oberfläche habe oder nicht. Indefs bleibt diefs Mittel, was Empfindlichkeit und Deutlichkeit der Angabe betrifft, doch weit hinter dem zurück, welches der galvanische Strom in Combination mit einem Magnete darbietet. Es gestattet auch dieses eine viel mannigfachere Anwendung. So z. B. kann man die Drähte der Batterie von unten her in das Quecksilber einführen, und den Magnetstab von oben nähern. Wenn man nun diesen dabei sehr nahe an die Queck-

silberfläche bringt, läfst sich wahrnehmen, dafs die Theile gerade unter ihm noch rotiren, während die seitlichen, auf die er schwächer wirkt, schon nicht mehr in Bewegung gesetzt werden, — wohlverstanden sind damit immer die Theile an der Oberfläche gemeint, denn die im Innern bewegen sich, wie früher gesagt, zu allen Zeiten ohne Ausnahme.

Nach diesen Erfahrungen mufste es sich nun wohl fragen, worin denn die sonderbare Veränderung der Quecksilberoberfläche ihren Grund habe?

Zur Beantwortung dieser Frage mufs ich zuvörderst bemerken, dafs ich von der Zeit an, wo ich die erwähnte Erscheinung näher zu untersuchen anfing, nur ein möglichst reines Quecksilber anwandte. Es war eigends zu diesen Versuchen längere Zeit mit einem beträchtlichen Antheil Salpetersäure in der Wärme digerirt, dann sorgfältig gewaschen und getrocknet werden. Eine Quantität von anderthalb Unzen desselben, die in einem bedeckten Porcellantiegel über der Weingeistlampe verflüchtigt worden, hinterliefs nur ein kaum wahrnehmbares Pünktchen, dessen Natur sich eben wegen seiner äufserst geringen Menge nicht näher bestimmen liefs; es konnte nur ermittelt werden, dafs es kochender Salpetersäure widerstand und im Königswasser verschwand. Jedenfalls war diese Beimischung so höchst unbedeutend, dafs sie keinen Einflufs auf die Erscheinung ausüben konnte, und ich wohl das angewandte Quecksilber so gut wie völlig rein betrachten durfte.

Vollends wurden alle Bedenklichkeiten in dieser Hinsicht gehoben, als ich durch Güte des Herrn H. Rose Gelegenheit bekam, ein aus dem Chloride durch Destillation mit Eisen dargestelltes Quecksilber anwenden zu können. Es verhielt sich dieses durchaus ganz wie das auf nassem Wege gereinigte.

Von reinem Quecksilber wird nun in den chemischen Lehrbüchern angegeben, dafs es bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unveränderlich sey, — obwohl die Angaben in dieser Beziehung nicht ganz übereinstimmend lauten.

Berzelius sagt kurz: Es hält sich unverändert an der Luft und im Wasser [1]). Bestimmter äufsert L. Gmelin: Das Quecksilber bleibt unverändert bei noch so langem Schütteln mit Sauerstoffgas, Luft u. s. w. [2]). Dagegen heifst es bei Thénard: Das Quecksilber hat bei der gewöhnlichen Temperatur keine Wirkung auf das Sauerstoffgas oder die atmosphärische Luft im trocknen oder feuchten Zustande, oder wenigstens ist seine Wirkung darauf ausnehmend langsam [3]). Aehnlich spricht sich Dumas aus, indem er sagt: Bei gewöhnlicher Temperatur oxydirt sich das Quecksilber nur an feuchter Luft. Selbst unter diesem Umstande ist die Oxydation schwierig und unvollständig. Sie erfolgt nur auf langes Schütteln, wie dasjenige, welches man erhält, wenn eine zum vierten Theil mit Quecksilber gefüllte Flasche an den Flügel einer Windmühle befestigt wird. Nach Verlauf einer langen Zeit bildet sich etwas Oxydul [4]).

Dumas hat hier wohl die alten, ums Jahr 1733 von Boerhaave angestellten Versuche im Sinn, welche in neuerer Zeit von Vogel etwas abgeändert und unstreitig mit reinerem Material wiederholt worden sind. Vogel gofs eine Unze Quecksilber, erhalten durch Zersetzung des Chlorids mit Aetzkali oder durch Erhitzung des rothen Oxyds, in eine Quartflasche und band diese, wohl verschlossen, an das Rad eines Fuhrwerks, welches zwischen Paris und Versailles hin- und herfuhr. Nach sechs Tagen hatte das Quecksilber nicht die mindeste Veränderung erlitten. Dasselbe war der Fall als die Luft durch Sauerstoffgas ersetzt wurde. Hiebei waren alle Materiale möglichst trocken. Bei einem andern Versuch wurde das Schütteln unter Zusatz von Wasser vorgenommen; dabei verwandelte sich das Quecksilber in ein graues Pulver, welches aber auch nur aus äufserst fein zertheiltem Metall bestand [5]).

1) Lehrbuch, Aufl. III. Bd. III. S. 281.
2) Handbuch, Aufl. IV. Bd. III. S. 469.
3) Lehrbuch (Fechner's Uebersetzung) Bd. I. S. 384.
4) *Traité. T. III. p.* 599.
5) Schweigger's Journ. (1812) Bd. IV. S. 393.

Nach diesen Angaben mufste es gewifs unwahrscheinlich erscheinen, dafs bei meinen Versuchen das jedenfalls sehr reine Quecksilber innerhalb der kurzen Zeit von zehn, funfzehn oder höchstens zwanzig Minuten durch ruhige Berührung mit der Luft eine merkliche Oxydation erlitten haben sollte. Wirklich zeigte es auch bei allen Versuchen, nachdem es seine Beweglichkeit verloren hatte, denselben ungetrübten Metallglanz, den es zuvor besafs. Ich untersuchte das von seiner Oberfläche, im beweglichen und im unbeweglichen Zustand reflektirte Licht mittelst eines Nicol'schen Prisma, konnte aber durchaus keinen Unterschied zwischen beiden Fällen wahrnehmen. Das völlig unveränderte Ansehen der Quecksilberfläche bei zwei so verschiedenen Eigenschaften derselben, ist sicher ein Umstand, der das Auffallende der in Rede stehenden Erscheinung bedeutend erhöht.

Worin liegt nun aber der Grund der Verfestung des Quecksilbers an seiner Oberfläche? Es lassen sich, wie es scheint, hierüber zwei Meinungen aufstellen. Entweder geschieht die Verfestung durch einen innern Procefs, durch eine Art von krystallinischer Anordnung, welche die Theilchen der Oberfläche bei Ruhe annehmen. Oder es wird doch, ungeachtet das Auge keine Veränderung an der Oberfläche wahrnimmt, dennoch irgend ein Stoff aus der Luft absorbirt.

Vor näherer Prüfung dieser Möglichkeiten schien es untersuchungswerth, ob auch wässerige Flüssigkeiten eine Verfestung ihrer Oberfläche an der Luft erleiden würden. Flüssigkeiten der Art sind bekanntlich, gleich dem Quecksilber und jedem anderen metallischen Leiter, der elektro-magnetischen Rotation fähig, und man kann daher auch bei ihnen diese Rotation benutzen, um die Empfindlichkeit ihrer Oberfläche zu prüfen.

Ich bediente mich dazu eines dem frühern ähnlichen Apparats, nur dafs die Poldrähte der Batterie ersetzt wurden durch zwei winkelförmige Metallstreifen, deren horizontale Schenkel ringförmig gekrümmt waren. Der eine dieser

Ringe schlofs dicht an den einen Rand des etwa zwei Zoll im Durchmesser haltenden Schälchens, der andere stand in der Mitte desselben und mafs etwa drei Linien im Durchmesser. Bei Verbindung der lothrechten Schenkel mit der Batterie ging der Strom durch die Flüssigkeit radialiter entweder vom kleineren zum gröfseren Ringe oder umgekehrt. Ich stellte zwei Versuche an, den einen mit verdünnter Schwefelsäure, den anderen mit Kupfervitriol - Lösung; im ersteren Fall bestanden die Streifen aus Zink, dessen ringförmiger Theil amalgamirt war, im zweiten aus Kupfer [1]).

1) So weit ich finden kann, ist die Rotation der wäfsrigen Flüssigkeiten zuerst von Schweigger beobachtet (dessen Journal, 1826, Bd. 48. S. 344). Später hat Fechner (Ebendaselbst, 1829, Bd. 57. S. 15) zu diesem Behufe eigends einen kleinen Apparat construirt, bestehend aus einer einfachen Kette aus Zink und Kupfer in Gestalt einer ringförmigen Dille, die mit Säure oder Salmiakwasser gefüllt und auf die Enden eines cylindrischen Hufeisenmagnets gesteckt wird. Der Apparat ist einfach und zweckmäfsig, aber beschränkter von Gebrauch als der oben angeführte, mittelst dessen man die Rotation der wäfsrigen Flüssigkeiten (wie die des Quecksilbers) auch ohne Magnet hervorbringen kann. Dazu braucht man das Schälchen nur in eine hinlänglich weite, aufrecht stehende Drahtrolle zu stellen, und die nöthigen Verbindungen zu machen. Ich bediene mich dazu einer Rolle von 2,5 Zoll innerem Durchmesser und 1 Zoll Höhe, bewickelt mit $1\frac{1}{4}$ Pfund Kupferdraht von 1 par. Lin. Dicke. Der Strom eines einzigen Grove'schen Bechers, durch das ganze System geleitet, reicht hin, die Flüssigkeit in lebhafte Rotation zu versetzen.

Ich glaube man legt im Allgemeinen zu wenig Werth auf diese Thatsache, denn während man zum Erweise der elektro-magnetischen Rotation starrer Leiter und Magnete eine grofse Anzahl von Apparaten ersonnen hat, wird die der wäfsrigen Flüssigkeiten selten in den Vorlesungen gezeigt. Und doch ist diese Thatsache von Wichtigkeit, insofern sie darthut, dafs die wäfsrigen Flüssigkeiten, welche den galvanischen Strom leiten, ungeachtet ihrer elektrolytischen Zersetzung, so gut die magnetische Thätigkeit desselben äufsern als seine chemische Wirkung erleiden. Es würde schwer halten diesen Beweis auf umgekehrte Weise zu führen, dadurch z. B., dafs man suchte durch einen aus der Flüssigkeit gebildeten Multiplicator auf eine Magnetnadel oder einen beweglichen Stromleiter zu wirken. Durch Aufhängung einer Magnetnadel über dem Körper einer galvanischen Batterie, wie es früher von Ampère geschehen ist, wird der Beweis nicht geführt, da hiebei auch die metallischen Theile auf die Nadel wirken.

Beide Flüssigkeiten nahmen schon mit Hülfe des Stroms eines einzigen Grove'schen Bechers und des erwähnten Elektromagnets eine lebhafte Rotation an, welche sich durch aufgestreutes Lycopodium deutlich erkennen liefs, und diese Rotationsfähigkeit der Oberfläche hatte noch nach 24 Stunden nichts von ihrer Stärke verloren. Bei wäfsrigen Flüssigkeiten scheint also an der Luft, wenn sie nicht durch diese geradezu eine chemische Zersetzung erleiden, keine Unbeweglichkeit der Oberfläche einzutreten.

Ich kehrte nun wieder zum Quecksilber zurück. Um die Luft von demselben abzuhalten, bediente ich mich zunächst des einfachen Mittels, dasselbe mit einer Schicht Flüssigkeit zu bedecken. Ich übergofs dasselbe also einige Linien hoch successive mit *Mandelöl*, *Terpentinöl*, *Schwefelkohlenstoff*, *Aether*, *Alkohol* und *destillirtem Wasser*, gekochtem wie ungekochtem. Unter allen diesen entweder gar nicht oder sehr schlechtleitenden Flüssigkeiten kam die Oberfläche des Quecksilbers nicht zur Rotation. Wenn ich aber dem Wasser einige Tropfen Säure oder ein Salz zusetzte, stellte sich sogleich jene Rotation ein, während auf derselben auch die wäfsrige Flüssigkeit rotirte.

Unter *Ammoniakflüssigkeit*, die bekanntlich im geringen Grade leitend ist, behielt die Quecksilberfläche eine Zeit lang ihr Rotationsvermögen, aber es ward sichtbar geschwächt, nahm immer mehr ab, und verschwand dann gänzlich. Lycopodium, das auf die Ammoniakflüssigkeit gestreut worden, zeigte, dafs diese anfangs an der Rotation Theil nahm, sich aber immer später in Bewegung setzte als die Quecksilber-Oberfläche.

Die Unbeweglichkeit der Quecksilberfläche unter den vorhin erwähnten nichtleitenden Flüssigkeiten kann wohl nicht auf Rechnung einer Reibung geschoben werden, denn man sollte meinen, unter den Theilchen im Innern der Quecksilbermasse, wo doch die Rotation ungestört fortgeht, wäre die Reibung gröfser als zwischen den Theilchen des Quecksilbers und der nicht-metallischen Flüssigkeit. Diese Versuche scheinen demnach zu beweisen, dafs es nicht allein

ein in der Luft befindlicher Stoff sey, welcher die Quecksilber-Oberfläche träge zu machen im Stande ist.

Um zu sehen, ob dasselbe auch von gasförmigen Substanzen gelte, änderte ich den Apparat dahin ab, daſs ich zur Aufnahme des Quecksilbers eine Glasschale mit seitlichen diametralen Oeffnungen anwandte, in welchen die winkelförmig gebogenen Poldrähte durch Korke festgehalten wurden. So konnte die Luft in der Schale leicht mit verschiedenen Gasen und Dämpfen geschwängert werden, wenn ein Stück Flieſspapier, benäſst mit der erforderlichen flüchtigen Flüssigkeit, über den Rand ausgebreitet, und mit einer Glasplatte bedeckt wurde.

In dieser Weise lieſs ich zuvörderst *Terpentinöl* und *Alkohol* in der Schale verdunsten. Von beiden Dämpfen konnte keine deutliche Wirkung wahrgenommen werden, indem die Quecksilberfläche ihre Beweglichkeit geraume Zeit behielt, und als sie dieselbe zuletzt verloren hatte, sich nicht entscheiden lieſs, ob dieſs nicht auf Rechnung der vorhandenen Luft zu schieben sey. Eben so verhielt sich *Schwefelkohlenstoffdampf*.

Dagegen hatte *Ammoniakgas* augenscheinlich eine, so zu sagen tödtende Wirkung auf die Quecksilber-Oberfläche, indem dieselbe viel schneller als in Luft allein zu Ruhe kam, ohne dabei übrigens etwas von ihrem Glanze einzubüſsen.

Ich glaubte nun einen Augenblick, der in der atmosphärischen Luft vorhandene Ammoniakgehalt könnte, trotz seiner Geringfügigkeit, die Ursache der von mir untersuchten Erscheinung seyn. Allein als ich die Schale durch ein mit verdünnter Schwefelsäure benetztes Papier bedeckte, wodurch doch dieser Ammoniakgehalt entfernt werden muſste, zeigte sich keine Abnahme in der Wirkung der Luft.

Jetzt wurde ein Stück Phosphor in der Schale aufgehängt. Es erfüllte sie bald mit dem bekannten Nebel, der sich senkte und auf die Quecksilberfläche ablagerte. In Folge deſs verlor sie schnell ihre Beweglichkeit. Ob dieſs Wirkung des Ozons war, mag dahingestellt bleiben.

Am stärksten unter allen von mir untersuchten Substanzen wirkte in dieser Weise der Dampf des *Schwefeläthers*. Nur wenige Augenblicke brauchte das mit dem Aether benäfste Papier die Schale zu überdecken, um eine vollständige Tödtung der Quecksilberfläche zu veranlassen, wobei diese übrigens spiegelblank blieb [1]).

In entgegengesetzter Weise als die vorhin genannten Substanzen und in auffallender Stärke wirken die Dämpfe flüchtiger *Säuren*, wie *Essigsäure*, *Salzsäure*, *Salpetersäure*. Ueber einer an der Luft, in Ammoniakgas oder Aetherdampf unbeweglich gewordenen Quecksilberfläche braucht nur auf wenige Augenbliche ein mit solcher Säure benäfstes Papier ausgebreitet zu werden, um ihr die ursprüngliche Lebendigkeit wiederzugeben, weit vollständiger und nachhaltiger als es durch das Schütteln geschieht. Es ist diefs um so auffallender, als in dem Dampf der Salpetersäure und auch der Salzsäure die Quecksilberfläche nicht blank bleibt, sondern anläuft oder beschlägt. Aetherdampf vernichtet die nun eingetretene Lebendigkeit nicht, wohl aber Ammoniakgas, dessen Wirkung sich durch abermalige Anwendung von sauren Dämpfen wieder entfernen läfst.

Wasserdampf hat keine Wirkung. Selbst bei stärkster Behauchung der Quecksilberfläche behält sie ihre Beweglichkeit, oder erlangt sie nicht wieder, wenn sie dieselbe schon verloren hat. Eben so ist eine Sättigung der Luft mit Feuchtigkeit oder eine Austrocknung derselben durch concentrirte Schwefelsäure ohne allen Einflufs, in dem einen, wie in dem andern Sinne.

Zu diesen letzten Versuchen diente ein Apparat von folgender Einrichtung. Das Quecksilber befand sich in ei-

1) Schon im flüssigen Zustand übt der Schwefeläther eine eigenthümliche Wirkung auf das Quecksilber aus. Uebergiefst man es mit einer dünnen Schicht der ätherischen Flüssigkeit, so bleibt es darunter, bei Ruhe, freilich unverändert, spiegelblank. So wie sie aber verdunstet, bekommt es eine matte, schwarzgraue Oberfläche, zieht bei Bewegung Schwänze, und sondert ein schwärzliches Pulver ab, das indefs nach Vogel (Schwgg. J. Bd. 4, S. 406) nichts als fein zertheiltes Metall ist.

ner kleinen Woulf'schen Flasche mit drei Hälsen, welche, wie früher die offene Schale, auf dem Elektromagneten stand. Zwei dieser Hälse, nämlich der mittlere und einer der seitlichen, nahmen mittelst übersiegelter Korke luftdicht die beiden Polardrähte der galvanischen Kette auf, und der dritte war durch Kautschuck verbunden mit einem der Seitenröhren einer kleinen Handluftpumpe. Die andere, mit einem Hahn versehene, Seitenröhre dieser Pumpe führte zu einer zweiten, mit Baumwachs angekitteten Woulf'schen Flasche, ähnlich der ersteren, nur darin anders vorgerichtet, dafs ihr mittlerer Hals zugepfropft war und der zweite Seitenhals luftdicht eine offene, bis zum Boden der Flasche hinabreichende Röhre aufnahm. Je nachdem nun die in der ersten Flasche enthaltene Luft mit Feuchtigkeit gesättigt oder ausgetrocknet werden sollte, wurde die zweite Flasche entweder mit Wasser oder mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt, dann der Hahn im Seitenrohre verschlossen und die erste Flasche ausgepumpt. Wurde nun der Hahn geöffnet, so drang die Luft der äufseren Atmosphäre, die Flüssigkeit durchströmend, in die erste Flasche und erfüllte sie entweder im feuchten oder trocknen Zustande. Ein paarmaliges Wiederholen dieser Operation liefs den Zweck derselben immer vollkommen erreichen.

Denselben Apparat benutzte ich, um die Wirkung einiger Gase, nämlich der *Kohlensäure*, des *Wasserstoffs* und des *Sauerstoffs* zu untersuchen. Er erlitt dabei nur in sofern eine Abänderung, als die offene gerade Röhre der zweiten Woulf'schen Flasche ersetzt wurde durch eine gekrümmte, die in der oberen Oeffnung einer durch Wasser abgesperrten Glasglocke luftdicht eingekorkt war. Mittelst der Luftpumpe, bei geöffnetem Hahn des Seitenrohrs, wurde diese Glocke zunächst mit Wasser gefüllt, und dann, nach Verschliefsung des Hahns, mit dem zu prüfenden Gase versehen. Die fernere Operation des Füllens der ersten Woulf'schen Flasche mit diesem Gase war der schon beschriebenen gleich; nur wurde darauf gesehen, sie möglichst rasch auszuführen, damit nicht während derselben

schon die Quecksilberfläche eine Veränderung erlitten haben möchte.

Die *Kohlensäure* wurde aus doppelt-kohlensaurem Natron mittelst gröblich zerstofsener Weinsäure dargestellt, um sie sowohl ganz rein zu erhalten, als langsam zu entwickeln. Bei dieser Bereitungsweise hatte sie, selbst ohne Auffangung über Wasser und Durchleitung durch Schwefelsäure, keinen Einflufs auf die Quecksilber-Oberfläche, d. h. wenn diese beweglich war, so blieb sie es auch stundenlang in dem Kohlensäuregase, und wenn sie vorher ihre Beweglichkeit verloren hatte, erhielt sie dieselbe in dem Gase nicht wieder. Eine mit Salzsäure aus Kreide entwickelte Kohlensäure aber, direct ohne Waschung, mit der Quecksilberfläche in Berührung gesetzt, wirkte, wenn diese durch Stehen an der Luft unbeweglich geworden, belebend auf sie, — wie ich glaube, durch Wirkung eines Antheils von salzsaurem Gase, welches den Kolben oberhalb der Flüssigkeit erfüllte und mit dem Kohlensäuregas übergeführt ward.

Wasserstoffgas verhielt sich ebenso indifferent wie reines Kohlensäuregas. Stundenlang sah ich darin die Quecksilberfläche ihre Beweglichkeit behalten, und, wenn sie dieselbe an der Luft verloren hatte, auch nicht wieder erlangen. Um sicher ganz reines Wasserstoffgas anzuwenden, bediente ich mich eines elektrolytisch entwickelten.

Hierauf schritt ich zum *Sauerstoffgase* und zwar auch hier zur Anwendung eines elektrolytisch dargestellten, weil ich gefunden hatte, dafs das aus chlorsaurem Kali bereitete und noch mehr das aus einem Gemeng von chlorsaurem Kali und Manganhyperoxyd gewonnene einen Antheil Chlor enthält, in Folge dessen es, wenigstens wenn es unmittelbar, ohne Waschung und sonstige Reinigung, angewandt wird, die Quecksilber-Oberfläche bedeutend angreift. Vom elektrolytischen Sauerstoff sah ich solchen Angriff nicht, aber dennoch büfste in demselben die Quecksilberfläche ihre Beweglichkeit ein. Das Sauerstoffgas wirkte in dieser Beziehung unstreitig rascher als die atmosphärische Luft,

jedoch nicht in solchem Grade wie ich wohl erwartet hatte.

Endlich schien es mir noch nöthig die Wirkung eines *luftleeren* Raumes zu versuchen. Gern hätte ich zu diesem Behufe das Quecksilber in ein Torricelli'sches Vacuum versetzt, aber die Umständlichkeit des dazu erforderlichen Apparats hielt mich davon ab. Ich begnügte mich daher mit dem Vacuum, welches eine Handluftpumpe zu liefern im Stande ist, und in der That erwiefs sich dieses auch schon als völlig hinreichend. Es zeigte nämlich eine völlige Indifferenz. Mehr als 12 Stunden lang behielt darin die Quecksilberfläche ihre volle Beweglichkeit, in weit höherem Grade als im Wasserstoff- oder Kohlensäuregas, zum Theil offenbar in Folge des aufgehobenen Drucks, wie man diefs auch an jedem etwas weitem Barometer zu beobachten Gelegenheit hat, wo die Quecksilberfläche im langen Schenkel schon bei leiser Erschütterung in eine ziemlich anhaltende Wellenbewegung geräth, während die im unteren Schenkel, auch frisch nach der Füllung, sich relativ unbeweglich zeigt. Bei der elektromagnetischen Rotation im Vacuo scheinen die auf der Quecksilberfläche schwimmenden Staubtheilchen oder Papierfäserchen dieselbe kaum zu berühren, und sie beschreiben mit grofser Schnelligkeit Curven um den centralen Polardraht, die von einander unabhängig und keineswegs kreisförmig sind.

Umgekehrt, hat einmal die Quecksilberfläche ihre Beweglichkeit durch Stehen an der Luft oder in Sauerstoffgas verloren, so erlangt sie dieselbe im Vacuo auch nicht wieder.

Hiemit schliefst der experimentelle Theil meiner Untersuchung, da ich ihm im Wesentlichen nichts mehr hinzuzufügen gewufst habe. Fragen wir nun, welche Auskunft er über die in Rede stehende Erscheinung liefere, so mufs ich mich dahin entscheiden, dafs ungeachtet die Oxydirbarkeit des Quecksilbers an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur von den chemischen Autoritäten in Abrede gestellt wird und ungeachtet das Zeugnifs des Auges ihre Meinung zu unterstützen scheint, dennoch eine oberflächliche Oxydation

des Metalls unter den genannten Umständen stattfinde, und dafs folglich eine sehr dünne, für das Auge unwahrnehmbare Oxyd- oder Oxydulschicht als Ursache der relativen Unbeweglichkeit der Oberfläche anzusehen sey.

Dafür spricht noch, meiner Ansicht nach, die Wirkungslosigkeit des Wasserstoffgases, der Kohlensäure und des Vacuums. Die Indifferenz des Vacuums scheint auch die Vermuthung von einer blofsen Absorption des Sauerstoffgases zu widerlegen, da wohl glaublich ist, dafs ein blofs absorbirter Sauerstoff im luftleeren Raum wieder entweichen würde. Das Verhalten im Vacuum unterstützt ferner nicht die Meinung, dafs die Quecksilberfläche an sich durch irgend einen noch unbekannten Procefs eine Veränderung bei Ruhe erleide, denn sonst könnte sie nicht im luftleeren Raum ihre Beweglichkeit behalten.

Die angeführten Versuche lehren freilich, dafs auch andere Gase, wie Aether- und Ammoniakgas, der Quecksilfläche ihre Beweglichkeit zu rauben vermögen, aber an der Luft weifs ich diese Wirkung nur dem Sauerstoffgase zuzuschreiben.

Zur Stütze dieser Ansicht kann ich zuvörderst anführen, dafs es mir wenigstens nicht geglückt ist ein Quecksilber darzustellen, welches nicht, nachdem es längere Zeit mit der Luft in Berührung gewesen, beim Durchlaufen durch eine unten fein durchlöcherte Papiertute, ein Kügelchen mit unreiner Oberfläche zurückgelassen hätte. Ueberdiefs giebt Dulong an, dafs Quecksilber, wenn man es mit seinem Oxyd zusammenreibt, eine kleine Menge von diesem löse, dadurch das Ansehen eines Amalgams erlange und eine starke Adhäsionsfähigkeit zum Glase erlange [1]). Beim Zusammenreiben mit einem durch Kali gefällten Oxyd habe ich freilich diese Beobachtung nicht bestätigt finden können; das Metall, von dem in Oxydul übergegangenen Oxyd abfiltrirt, unterschied sich äufserlich nicht von anderem Quecksilber, rotirte auch anfangs ganz gut, kam aber doch bald zum Stillstehen, obwohl es eine spiegelblanke Ober-

1) Annal. Bd. 26, S. 457.

fläche behielt. Jedenfalls scheint es mir viel wahrscheinlicher, die Unbeweglichkeit dem Sauerstoff zuzuschreiben, als sie von dem bisweilen zufällig und in sehr geringer Menge in der Luft vorhandenen Schwefelwasserstoff herzuleiten, zumal ich fand, dafs das Quecksilber auch in einer durch Kupfervitriollösung geleiteten Luft seine Rotationsfähigkeit verliert.

Endlich möchte ich auch glauben, dafs die Unbeweglichkeit, welche die Quecksilber-Oberfläche bei der elektromagnetischen Rotation an der Luft, in Sauerstoff-, Aether-, Ammoniakgas u. s. w. annimmt, mehr von einer erlangten Zähigkeit herrührt, als von Abnahme des elektrischen Leitungsvermögens. Wenigstens leitet sie immer noch einen Theil des elektrischen Stroms, denn oft habe ich gesehen, dafs man, nach bereits eingetretener Unbeweglichkeit, die Oberfläche partiell wieder in Bewegung setzen kann, wenn man den Magnet von oben her sehr nähert; es kommen dann die gerade unter ihm befindlichen Theile wieder zur Rotation, während die seitlichen in Ruhe verharren. Die belebende Kraft der sauren Dämpfe, von der ich früher sprach, könnte wohl auf Wiederherstellung eines vernichteten oder geschwächten Leitvermögens hindeuten, aber mit der Wirkung der Säuren ist auch eine Zerreifsung der Oxydschicht verknüpft, und getrennte Oxydtheilchen haben, wie vereinzelte Staubtheilchen, keinen Einflufs auf die Beweglichkeit der Quecksilber-Oberfläche.

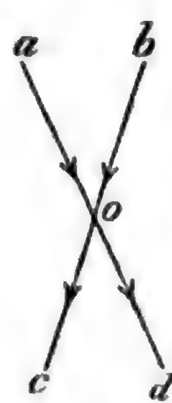
Die hier besprochenen Erscheinungen werfen ein neues Licht auf die Unregelmäfsigkeiten, die noch neuerdings von Frankenheim umständlich erörtert worden sind und zum Theil ebenfalls von einer Veränderlichkeit der Quecksilber-Oberfläche an der Luft hergeleitet werden, freilich nicht von einer Oxydation, sondern, wie er sich ausdrückt, von der Bildung einer Art von Quecksilbergallerte [1]). Worin auch die Veränderung des Quecksilbers ihren Grund haben möge, so würde man doch, glaube ich, in Betreff der Capillar-Erscheinungen zu constanteren Resultaten ge-

1) Annal. Bd. 75, S. 231.

langen, wenn man die Beobachtungen künftig im Vacuo oder in einer Atmosphäre von Wasserstoffgas wiederholen wollte.

Zusatz. Ueber die Richtung der elektromagnetischen Rotation.

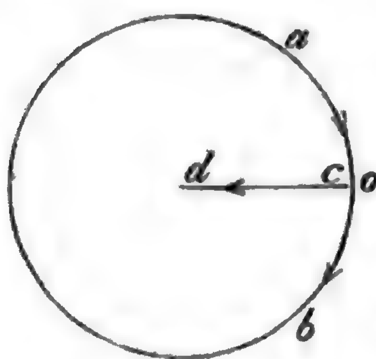
Als mechanisches Phänomen bietet die elektromagnetische Rotation gegenwärtig nichts Problematisches mehr dar; sie kann vollständig auf die Gesetze zurückgeführt werden, nach denen elektrische Ströme, je nach ihrer Richtung, anziehend oder abstofsend auf einander einwirken. Wenn ich hier dennoch Einiges über die Richtung dieser Rotation zu sagen unternehme, so geschieht es nur, weil ich damit eine Seite der Erscheinung zu berühren glaube, die meines Wissens noch nicht hervorgehoben worden ist, und die um so mehr Interesse besitzt, als sie scheinbar mit der Theorie in Widerspruch steht. Freilich ist der Widerspruch eben nur ein scheinbarer, er trifft nicht die strenge Theorie; da aber diese nur von Wenigen studirt zu werden pflegt und man sich meistens an die populäre Darstellung hält, welche Ampère in den *Ann. de chim. et de phys.* (1822) *T.* XX, *p.* 60 gegeben hat [1]), so dürfte das Folgende schon in sofern nicht ohne Werth seyn, als es zeigen wird, dafs diese Darstellung den Erscheinungen nicht genügt.



Die elektro-dynamischen Rotationen erklären sich der Hauptsache nach durch den Satz, dafs zwei Stromtheile, die beide, wie *ao* und *bo*, auf einen Punkt *o* zu gehen, oder sich beide, wie *oc* und *od*, von diesem Punkt entfernen, einander anziehen, dafs sie dagegen einander abstofsen, wenn der eine sich diesem Punkte nähert und der andere von ihm entfernt, wie es mit *ao* und *oc* oder mit *bo* und *od* der Fall ist; ein Satz, der von Ampère daraus abgeleitet worden, dafs sich die Ströme *ad* und *bc* parallel und gleichlaufend zu stellen suchen.

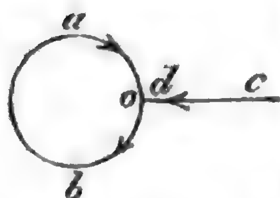
1) Daraus in Gilbert's Ann. Bd. 72, S. 257.

Die Anwendung dieses Princips auf die beiden durch die Rotation des Quecksilbers am leichtesten realisirbaren Fälle, wo ein beweglicher Stromtheil *dc* sich in der Ebene eines festen kreisrunden Stroms *aob*, entweder innerhalb oder aufserhalb desselben, befindet, ergiebt nun Folgendes.



Ist der bewegliche Leiter innerhalb des festen und geht in ihm der Strom von *c* nach *d*, also vom Umfang zum Mittelpunkt, so wird er sich in der Richtung *ob* drehen, d. h. in derselben Richtung, in welcher der Strom den festen kreisrunden Leiter durchläuft [1]).

Befindet sich dagegen der bewegliche Leiter aufserhalb des festen, und hat in ihm der Strom noch dieselbe Richtung *cd*, nähert sich also dem festen Leiter, während er sich im ersten Falle von ihm entfernte, so erfolgt eine Drehung im Sinne *oa*, mithin gegen die Richtung des Stroms in dem festen Leiter.



Wenn folglich, wie in beistehenden Figuren angenommen ist, der Strom in dem festen Leiter *schraubenrechts* geht, also die Richtung eines Uhrzeigers oder der scheinbaren Sonnenbewegung befolgt, so dreht sich der bewegliche Leiter *cd* im ersten Falle auch *schraubenrechts*, im zweiten dagegen *schraubenlinks*.

Die Richtigkeit dieser Deduction läfst sich mittelst eines Schälchens voll Quecksilber, welches man bei *c* und *d* durch lothrechte Drähte in den Kreis einer galvanischen Kette eingeschaltet hat, am einfachsten darthun, denn wenn auch dabei der Strom nicht auf die Linie *cd* beschränkt ist, sondern sich durch die ganze Quecksilbermasse verpflanzt, so hat er doch in dieser Linie seine gröfste Stärke, und wirkt der Hauptsache nach so, wie wenn er blofs in

1) Unter Strom wird hier immer, wie allgemein üblich, der positive verstanden, derjenige, welcher in der Flüssigkeit der galvanischen Kette vom Zink zum Platin geht.

ihr seinen Weg nehme. Umgiebt man nun das Schälchen im ersten Fall mit einigen Drahtwindungen, und versieht es im zweiten mit solchen Windungen in der Mitte, die dazu natürlich eine passende Oeffnung besitzen muſs [1]), so erfolgt, bei Durchleitung eines Stroms durch die Drahtwindungen, die Drehung des Quecksilbers in der einen oder andern Richtung, ganz wie es oben angezeigt wurde.

Wie verhält es sich nun aber mit einem Magnet? Nach der Ampère'schen Hypothese sind die Theilchen eines Magnetstabes umkreist von kleinen elektrischen Strömen, die der Mehrzahl nach mit ihren Ebenen winkelrecht auf der Axe des Stabes liegen, und für die Wirkung nach auſsen läſst sich die Summe der Elementarströme, die in jedem Querschnitt des Stabes enthalten sind, ersetzen durch einen einzigen Strom, der den Umfang des Querschnitts umgiebt. Es scheint demnach als könne man den zweiten der hier betrachteten Fälle unverändert reproduciren, wenn man die Drahtspirale in der Mitte des Quecksilbergefäſses ersetzt durch einen mit dem Südpol nach oben gekehrten Magnetstab, da, bei dieser Stellung, seine Ströme die Richtung der scheinbaren Sonnenbewegung haben, oder, von oben gesehen, schraubenrechts gehen [2]). Allein dem ist doch nicht ganz so.

Hält man den Stab zuvörderst so, daſs sein oberes (südpolares) Ende noch ganz unter dem Boden des Schälchens bleibt, und geht, wie hier immer vorausgesetzt wird, der Strom im Quecksilber von der Peripherie zum Centrum, so wird man zu seiner Ueberraschung wahrnehmen, daſs die Rotation in *schraubenrechter* Richtung erfolgt, also in um-

1) Am besten eignet sich hiebei zur Aufnahme des Quecksilbers der Deckel einer runden Pappschachtel, den man in der Mitte durchlocht und mit einer Dille von Papier versehen hat.

2) Eine senkrecht stehende Drahtrolle, die schraubenrechts oder in Richtung der scheinbaren Sonnenbewegung von einem galvanischen Strom durchlaufen wird, magnetisirt einen darin steckenden Eisenkern so, daſs der Südpol oben ist, magnetisirt ihn also eben so wie in unserer Hemisphäre der Erdmagnetismus. Die Ampère'schen Ströme laufen parallel mit dem galvanischen Strom, der ihnen Richtung giebt.

gekehrter, wie sie von dem vorhin auseinander gesetzten Princip gefordert wird [1]).

Dasselbe ist auch noch der Fall, wenn man den Magnetstab in die centrale Dille steckt und sein oberes Ende mit dem Quecksilber in Niveau bringt; man kann diefs Ende sogar einige Linien über die Quecksilberfläche heben und immer bleibt die Rotation eine schraubenrechte. Dabei hat man indefs zu bemerken Gelegenheit, dafs in dem Maafse als man den Stab hebt, die Schnelligkeit der Rotation abnimmt, und wenn man mit dem Heben fortfährt, gelangt man bald zu einem Punkt, wo die Rotation ganz aufhört. Die Lage dieses Punkts ist nach den Dimensionen des Magnetstabes verschieden; bei einem runden Stahlmagnet von 4 Zoll Länge und einem Viertelzoll Länge mag er etwa drei Linien vom Ende liegen.

Bei fernerem Heben tritt nun eine *entgegengesetzte*, also *schraubenlinke* Rotation ein, und diese Rotation, die anfangs nur schwach ist, wächst bis zur Mitte des Stabes, wo sie ihr Maximum erreicht; von da an nimmt sie, so wie man den Stab weiter in die Höhe zieht, allmälig wieder ab, wird bei einem zweiten Punkt nahe am untern Ende des Stabes abermals Null, und geht darauf wieder in die anfängliche *schraubenrechte* über.

Die Punkte, bei denen die Rotation aufhört, sind im Wesentlichen offenbar die, welche man *Magnetpole* nennt; und aus dem Ebengesagten geht hervor, dafs, bei angegebener Richtung des Stroms im Quecksilber, die Rotation erst eine schraubenlinke wird, wenn der Südpol sich oberhalb der Quecksilberfläche befindet. In gleicher Richtung erfolgt die Rotation, wie leicht ersichtlich, wenn man den Magnetstab umkehrt und nun mit seinem unteren (süd-

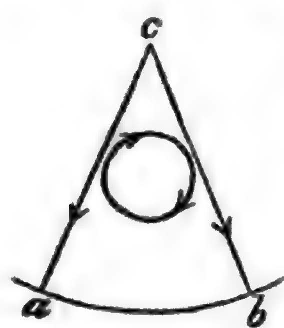
1) In gleicher Richtung, nur schwächer, rotirt auch das Quecksilber schon ohne Hülfe eines Magnetstabes, nämlich in Folge des Erdmagnetismus, der in unserer Hemisphäre bekanntlich so wirkt wie wenn am Erdboden ein Südpol vorhanden wäre. Schon ein einziges Grove'sches Element reicht hin, diese Wirkung des Erdmagnetismus deutlich zum Vorschein zu bringen.

polaren) Ende von oben her dem Quecksilber nahe bringt. Ein und derselbe Magnetpol, an einer und derselben Seite der Quecksilberschicht befindlich, bringt also eine und dieselbe Rotation hervor, gleichviel ob dabei der andere Pol auf gleicher oder entgegengesetzter Seite, d. h. unter oder über dem Quecksilber liegt. Aber freilich ist die Rotation nur in Bezug auf den Beobachter unverändert geblieben; in Bezug auf den Magnetstab hat sie, mit Umkehrung desselben, auch ihre Richtung umgekehrt.

Die eben beschriebene Erscheinung kehrt bei allen elektro-magnetischen Rotationen wieder, und so auch bei den Versuchen, bei denen man durch Drehung von Magnetstäben oder von Metallscheiben neben solchen Stäben Inductionsströme hervorruft [1]). Sie lehrt klar, wie verfänglich jene populäre Theorie ist, durch welche man den Erfolg solcher Versuche zu erklären pflegt.

Ich will davon nur ein Beispiel anführen. Ampère, in der vorhin angeführten Abhandlung, betrachtet unter andern den Fall, wo ein Magnetstab, mit dem Südpol nach oben gekehrt, in einer cylindrischen Quecksilbermasse schwimmt, in welcher der Strom, nahe der Oberfläche, vom Mittelpunkt zum Umfang geht.

Die, seiner Hypothese nach, im Magnetstab vorhandenen elektrischen Ströme gehen, bei dieser Stellung des Stabes, schraubenrechts; sie haben also, von der convexen Seite betrachtet, gleiche Richtung mit dem Strom *cb* und allen ferner rechts liegenden, und entgegengesetzte mit dem Strome *ca* und allen weiter links liegenden. Erstere bewirken eine Anziehung (obwohl verringert durch die Abstofsung auf die gegenüberliegende concave Seite des Stroms im Magnet), letztere eine Abstofsung



1) Sie zeigt sich auch einfach in dem wohl von Faraday zuerst beschriebenen (Gilb. Ann. Bd. 71, S. 128) Verhalten eines lothrechten Stroms zu einer neben ihm horizontal schwebenden Magnetnadel. Diefs- und jenseits der Pole, vom Mittelpunkt aus gerechnet, bewirkt er entgegengesetzte Ablenkungen.

(obwohl ebenfalls geschwächt durch die gegen sie concave Seite dieses Stroms); beide, Anziehung und Abstofsung, addiren sich in ihrer Wirkung und somit erfolgt, sagt Ampère (der überdiefs noch die quer durch den Stab gehenden galvanischen Ströme betrachtet, was aber an seiner Deduction nichts ändert), eine Bewegung des schwimmenden Magnetstabs nach der Rechten, oder, um den Punkt *c*, eine Rotation desselben in schraubenlinker Richtung.

Ampère fand den Versuch ganz übereinstimmend mit dieser Erklärung, offenbar aber nur durch den zufälligen Umstand, dafs der Magnetstab hinreichend aus dem Quecksilber hervorragte, um noch seinen Südpol über der Fläche desselben liegen zu haben. Hätte er den Magnetstab tiefer eingetaucht, was nichts an der Erklärung geändert haben würde, so wäre die Rotation in entgegengesetzter Richtung erfolgt und somit ein vollständiger Widerspruch zwischen Theorie und Erfahrung eingetreten.

Auf einen gleichen Widerspruch stöfst man, wenn man in obiger Weise die Richtung der Inductionsströme zu erklären sucht, welche beim Rotiren einer Metallscheibe über einem Magnetstab zum Vorschein kommen. Faraday hat gefunden, und es ist leicht sich von der Richtigkeit seiner Aussage zu überzeugen, dafs wenn man eine Kupferscheibe, die im Mittelpunkt und im Umfang schleifend mit dem Draht eines Galvanometers verbunden ist, horizontal in schraubenrechter Richtung rotiren läfst, ein unter der Scheibe, zwischen den Ableitungsstellen gehaltener Südpol, Ströme erregt, die in der Scheibe vom Mittelpunkt zum Umfang gehen [1]). Es ist indefs aus einem Blick auf die letzte Figur ebenso leicht zu ersehen, dafs der Erfolg, nach der von Ampère gegebenen Erklärung, gerade der umgekehrte seyn müfste; denn Theile der Scheibe, wie *cb*, nähern sich der convexen Seite des Magnetstabes, und Theile wie *ca* entfernen sich von ihr; in beiden müfsten also, nach den bekannten Inductionsgesetzen, die Ströme vom Umfang nach dem Mittelpunkt gehen.

1) Annal. Bd. XXV. S. 126. §. 99.

Diese und ähnliche Widersprüche bilden indefs keinen Einwurf gegen die Ampère'sche Hypothese vom Magnet. Man kann sich experimentell davon überzeugen, wenn man den Versuch mit dem rotirenden Quecksilber in der Weise wiederholt, dafs man durch die centrale Dille des Gefäfses, statt des Magnetstabes, einen schraubenförmig mit besponnenem Draht umwickelten Cylinder steckt [1]). Wird nun durch diesen Draht ein galvanischer Strom in schraubenrechter Richtung durchgeleitet, damit das obere Ende einen Südpol repräsentire, so erhält man beim Heben und Sinken des Cylinders alle die vorhin beschriebenen Erscheinungen, nur mit dem Unterschiede, dafs die Rotationen schwächer sind, und die Pole genau an den Enden des Cylinders liegen.

Auch wenn man das Quecksilberschälchen auf eine gröfsere Drahtrolle stellt, oder neben derselben in verschiedenen Höhen anbringt, hat man Gelegenheit das Gesagte bestätigt zu finden.

Fragt man nun, weshalb denn die Ampère'sche Erklärung so widersprechende Resultate gebe, so ist der Grund einfach der, dafs dabei von den im Magnet supponirten elektrischen Strömen nur diejenigen in Betracht gezogen werden, welche mit den durch das Quecksilber geleiteten galvanischen Strömen in einer Ebene liegen. Die Rotation des Quecksilbers (oder beim Ampère'schen Versuch, des Magnets) ist aber das Resultat der Wirkung aller elektrischen Ströme des Magnets auf die galvanischen, und für die, welche beträchtlich über oder unter einander liegen, ist das vorhin gegebene einfache Räsonnement nicht mehr gültig, weil bei der Wirkung eines kreisrunden galvanischen Stroms aufserhalb seiner Ebene alle Theile desselben um so mehr in Betracht kommen, als sich die Richtung

1) Am besten ist eine Glasröhre zu nehmen, den Draht im Innern derselben zurückzuführen und die freien Enden zusammenzudrehen. So führt man, wie Ampère gezeigt, die Schraubenwindungen des Drahts auf Kreisströme zurück, und setzt die freien Drahtenden aufser Wirkung auf das Quecksilber.

stärker von der Ebene entfernt. Eben so verhält es sich auch mit der Erregung von Inductionsströmen.

Um die Wirkung eines Magnetstabs auf eine radialiter von galvanischen Strömen durchflossene Quecksilbermasse etwas genauer zu übersehen, braucht man übrigens nicht die Ampère'schen Ströme in Betracht zu ziehen, sondern nur das von Laplace aus Biot und Savart's Versuchen abgeleitete Gesetz anzuwenden, demzufolge die Wirkung eines Magnettheilchens oder Magnetpols auf ein Strom-Element proportional ist direct dem Sinus des Winkels, den das Element mit der seine Mitte mit dem Pol verbindenden Geraden macht, und umgekehrt dem Quadrate dieser Geraden. Ampère hat in den *Ann. de chim. et de phys. T. XXXVII. p.* 113 dieses Gesetz zu sehr lehrreichen Entwicklungen benutzt, von denen die folgende Darstellung (die vom Prof. Weber herstammt) gleichsam einen Auszug darstellt.

Es bezeichne $+\mu$ den Magnetismus des Nordpols, $-\mu$ den des Südpols, 2α den Abstand beider Pole des Magnets; k das Product der Stromstärke in die Länge des Strom-Elements und $m = 2\alpha\mu$ das Moment des Magnets. Hier mögen nur die beiden Fälle betrachtet werden, wo das Strom-Element eine parallele und eine winkelrechte Lage gegen die Magnetaxe besitzt.

1. Strom-Element parallel der Magnetaxe und Stromrichtung gegen den Magnet.

$+\mu$ α y x $-\mu$

Der senkrechte Abstand des Nordpols vom Strom-Element ist $x - \alpha$, der des Südpols: $x + \alpha$, der horizontale Abstand beider Pole von dem Elemente $= y$. Auch sey $x^2 + y^2 = r^2$.

Dann ist erstens die Kraft des Nordpols auf das Strom-Element senkrecht gegen die Ebene der Figur, *aufwärts* gerichtet, gleich:

$$+\frac{k\mu y}{[(x-\alpha)^2 + y^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$= +\frac{k\mu y}{r^3}\left[1 + \frac{3x}{r^2}\alpha + \frac{3}{2}\cdot\frac{4x^2 - y^2}{r^4}\alpha^2 + \frac{5}{2}\cdot\frac{4x^2 - 3y^2}{r^6}x\alpha^3 + \ldots\right]$$

zweitens die Kraft des Südpols

$$-\frac{k\mu y}{[(x+\alpha)^2+y^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$=-\frac{k\mu y}{r^3}\left[1-\frac{3x}{r^2}\alpha+\frac{3}{2}\cdot\frac{4x^2-y^2}{r^4}\alpha^2-\frac{5}{2}\cdot\frac{4x^2-3y^2}{r^6}x\alpha^3+\dots\right]$$

Also die Kraft des Magnets in Summa

$$\frac{km}{r^3}\left(3+\frac{5}{2}\cdot\frac{4x^2-3y^2}{r^2}\cdot\frac{\alpha^2}{r^2}\right)\frac{xy}{r^2}.$$

Bezeichnet man mit ψ den Winkel, welchen die Magnetaxe oder die Stromrichtung mit r macht, so erhält man:

$$\frac{1}{2}\,\frac{km}{r^3}\left(3+\frac{5}{2}(4-7\sin^2\psi)\frac{\alpha^2}{r^2}\right)\sin 2\psi,$$

also für kleine Werthe von $\frac{\alpha}{r}$ endlich:

$$\frac{3}{2}\cdot\frac{km}{r^3}\sin 2\psi \quad \dots\dots \quad (1)$$

2. **Strom-Element winkelrecht zur Magnetaxe; Stromrichtung *abwärts* vom Magnet.**

Die Kraft des *Nordpols* auf das Strom-Element, senkrecht gegen die Ebene der Figur und *aufwärts* gerichtet, wird ausgedrückt durch

$$+\frac{k\mu(x-\alpha)}{[(x-\alpha)^2+y^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$=+\frac{k\mu x}{r^3}\left(1+\frac{2x^2-y^2}{r^2}\cdot\frac{\alpha}{x}+\frac{3}{2}\cdot\frac{2x^2-3y^2}{r^4}\alpha^2+\frac{1}{2}\cdot\frac{8x^4-24x^2y^2+3y^4}{r^6}\cdot\frac{\alpha^3}{x}+\dots\right)$$

die des *Südpols*

$$-\frac{k\mu(x+\alpha)}{[(x+\alpha)^2+y^2]^{\frac{3}{2}}}$$

$$=-\frac{k\mu x}{r^3}\left(1-\frac{2x^2-y^2}{r^2}\cdot\frac{\alpha}{x}+\frac{3}{2}\cdot\frac{2x^2-3y^2}{r^4}\cdot\alpha^2-\frac{1}{2}\cdot\frac{8x^4-24x^2y^2+3y^4}{r^6}\cdot\frac{\alpha^3}{x}+\dots\right)$$

also die Kraft beider Pole:

$$=\frac{km}{r^3}\left[\left(3\frac{x^2}{r^2}-1\right)+\frac{1}{2}\,\frac{8x^4-24x^2y^2+3y^4}{r^6}\cdot\alpha^2\right]$$

oder wenn ψ den Winkel zwischen der Magnetaxe und der Linie r bezeichnet:

$$= \frac{km}{r^3}\Big[(3\cos^2\psi - 1)$$
$$+ \tfrac{1}{2}(8\cos^4\psi - 24\sin^2\psi\cos^2\psi + 3\sin^4\psi)\frac{a^2}{r^2}\Big],$$

also für kleine Werthe von $\frac{a}{r}$

$$= \frac{km}{r^3}(3\cos^2\psi - 1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

Die Formeln (1) und (2) sind in mehrfacher Hinsicht nur als approximativ zu betrachten, schon deshalb weil man es in Wirklichkeit nie mit einem Strom-Element, sondern stets mit einem Strom von gröfserer oder geringerer Ausdehnung zu thun hat; aber sie geben doch Approximationen, welche die Hauptumstände bei der Richtung der elektromagnetischen Rotation übersehen lassen.

Der durch die Formel (1) vorgestellte Fall, welcher sich mit Quecksilber nicht wohl anders als mit einem horizontal gelegten Magnetstab verwirklichen läfst, bei senkrechtem Magnet dagegen einen senkrechten beweglichen Leiter erfordert, zeigt, dafs die Rotation eines Strom-Elementes Null ist, wenn $\psi = 90$ oder das Element der Mitte des Stabes gegenüber steht. Darüber und darunter wächst sie in gleichem Maafse, ist aber in Richtung entgegengesetzt. Ein Leiter also, der längs dem ganzen Magnetstabe herabgeht, kann nicht in elektro-magnetische Rotation versetzt werden. Reicht er aber nur bis zur Hälfte herab und geht auch der Strom in ihm herabwärts, so rotirt er entgegengesetzt der Richtung der Ampère'schen Ströme, also wenn der Nordpol des Magnetstabes nach oben gekehrt ist, schraubenrechts.

Die Formel (2), welche speciell für die Quecksilberrotation gilt, lehrt, dafs diese Null ist, wenn $\cos\psi = \sqrt{\frac{1}{3}}$, und da zu diesem Cosinus zwei Winkel gehören, dafs diese Nullität an zwei hiedurch bestimmten Punkten eintritt; darüber und darunter hat die Rotation entgegengesetzte Richtungen.

Für einen galvanischen Kreisstrom, der als ein Magnetstab von grofser Kürze zu betrachten ist, für welchen

also $\alpha = 0$, ergiebt sich hieraus das folgende niedliche Theorem.

Sey pq der Durchschnitt des horizontalen Kreisstroms, und ba das ihm parallele Element des beweglichen Stroms. Von der Mitte des ersteren zur Mitte des letzteren ziehe man die Linie AC; winkelrecht an diese setze man die Linie CB, ziehe senkrecht aus A eine Gerade in die Höhe bis sie BC schneidet, und theile den Abstand AB in drei gleiche Theile $AD = DE = EB$. Geht nun die Richtung des beweglichen Stroms ab durch den Punkt D, so erfolgt keine Rotation desselben. Liegt der Kreisstrom pq höher als A und tiefer als E, so ist die Rotation die umgekehrte wie wenn er tiefer als A oder höher als E liegt.

Eine aufmerksame Betrachtung der Formeln (1) und (2) lehrt ferner, dafs zwei bewegliche Leiter, ein verticaler und ein horizontaler, die beide über einem lothrechten Magnetstab befindlich sind und in denen beiden der Strom auf diesen Stab zugeht, entgegengesetzte Rotationen vollziehen, nämlich der verticale eine schraubenlinke, und der horizontale eine schraubenrechte, wenn das obere Ende des Magnets südpolar ist.

Man kann sich hievon leicht überzeugen, wenn man, zur Leitung des Stroms durch das Quecksilber, statt des festen Drahts in der Mitte des Schälchens, einen nach Faraday'scher Art dicht neben dem Magnet aufgehängten Platindraht nimmt, und dessen Rotation vergleicht mit der des Quecksilbers, nachdem der feste Draht wieder eingesetzt ist.

Allein das Quecksilber für sich giebt schon zu dieser Beobachtung Gelegenheit, wie ich diefs einst zufällig und mir eine Zeit lang unerklärlich erfahren mufste. Ich gebrauchte nämlich zur Aufnahme des Quecksilbers ein trichterförmiges Glasgefäfs, in dessen Hals ich einen runden Magnetstab durch einen Kork befestigt hatte. Der Magnet war nicht vom Quecksilber isolirt, diente vielmehr zur Fortleitung des Stroms, indem einer der mit der Kette verbun-

denen Drähte mit seinem oberen Ende in Berührung gesetzt war. Bei dieser Vorrichtung rotirte nun das Quecksilber, ohne daſs die Richtung des Stroms oder die Stellung des Magnetstabes verändert wurde, bald schraubenrechts, bald schraubenlinks. Nach mancherlei Proben ergab sich als Grund dieser sonderbaren Erscheinung, daſs der Magnetstab, durch das Anfassen mit den Händen, mit einem fettigen Ueberzug versehen war, der bald oben, bald unten Stellen entblöſst lieſs, und dadurch bewirkte, daſs der Strom im Quecksilber bald horizontal, bald mehr oder weniger schief hinabging. Nachdem diese Ursache erkannt war, lieſs sich auch das Phänomen willkührlich hervorrufen, indem ich den Magnetstab etwas einfettete und bald unten, bald oben, eine ringförmige Zone durch Sandpapier blank rieb.

Zur vollen Sicherheit des Resultats ist es daher immer gut, ein Gefäſs mit flachem Boden anzuwenden und das Quecksilber darin nur eine Schicht von 1 oder 2 Linien Dicke einnehmen zu lassen. Eine runde Pappschachtel ist deshalb und wegen der Dünnheit ihres Bodens zu diesen und ähnlichen Versuchen ganz vorzüglich geeignet.

Schlieſslich möchte ich mir noch erlauben die Frage aufzuwerfen, ob nicht die elektro-magnetische Rotation des Quecksilbers und anderer Flüssigkeiten als ein Beweis von der Nichtexistenz besonderer elektrischer Flüssigkeiten zu betrachten sey? Man müſste diesen wenigstens eine starke Adhäsion zu den Quecksilbertheilchen zuschreiben, um zu erklären, wie sie im Stande seyen diese Theilchen in Bewegung zu setzen.

II. *Beobachtungen über die magnetische Polarität des Pöhlberges bei Annaberg; von F. Reich.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den Berichten der Gesellschaft d. Wissenschaften zu Leipzig. Bd. I. No. VI.

Längst bekannt und vielfach beobachtet ist es, daſs nicht bloſs Magneteisenstein, sondern daſs auch viele andere, beson-

sonders eruptive Gesteine, wie Granit, Grünstein, Serpentin, Basalt, Lava u. s. w., auf die Magnetnadel wirken, und häufig deutliche magnetische Pole zeigen. Man hat auch mehrfach darüber gestritten, ob der Magnetismus dieser Gesteine immer eine Folge von fein eingemengten magnetischen Eisenerzen sey, oder ob er auch in Fällen sich zeigen könne, in denen solche anerkannt magnetische Gemengtheile gänzlich fehlen, wie man namentlich vom Granit und Serpentin behauptet, — ohne dafs diese Frage unzweifelhaft entschieden zu seyn scheint,

Folgendes ist die Literatur, die ich über Beobachtungen und Meinungen über den Magnetismus der Gesteine habe auffinden können.

Eine Zusammenstellung in Gehler's physikal. Wörterbuche, neu bearbeitet, Band 6, S. 643.

Eine Zusammenstellung, jedoch ohne Citate, in einer Abhandlung von Fournet: *Aperçus sur le magnétisme des minerais et des roches* in den *Annales de la societé d'agriculture, histoire naturelle et arts utiles de Lyon* 1848.

Gmelin über den Basaltberg in der Sibirischen Tartarei, in dessen Reise durch Sibirien, Göttingen 1752. IV. 344.

Wächter über den Magnetismus der Schnarcher, des Ilsensteins und der Hohneklippen am Harze, in Gilb. Ann. V. 376.

Hausmann über denselben Gegenstand, in Crell's chem. Ann. 1803. II. 207.

Jordan über dasselbe, in Crell's chem. Ann. 1803. I. 61 und Gilb. Ann. XXVI. 256.

v. Zach darüber, in Bode's astronomischen Abhandl. Supplementband 1793. S. 263.

Freiesleben darüber, in den Bemerkungen über den Harz II. 46.

Schröder darüber, in der ersten Fortsetzung seiner Abhandlung vom Brockengebirge, 1790. S. 75.

Lasius darüber, in den Beobachtungen über das Harzgebirge. I. 86.

von Humboldt über den Magnetismus des Haidebergs. Allg. Lit. Zeit. Intelligenzbl. 1796. 169; — 1797. 38, 68 und 87. Neues bergmännisches Journal I. 257 und 542; Gren's neues Journal der Physik IV. 136. Von Moll Jahrbücher III. 301. — Gilb. Ann. IV. 451 Anmerk. V. 389 und 393.

Hardt darüber, in Gilb. Ann. XLIV. 89 und v. Moll neue Jahrb. II. 403.

Bischof und Goldfufs darüber, in ihrer Beschreibung des Fichtelgebirgs I. 496 und in Schweiggers Journal XVIII. 297.

von Charpentier in Allg. Lit. Zeit. Int. 1797. 59 und Neuem bergm. Journ. I. 549. — und

Beyer in Allg. Lit. Zeit. Int. 1797. 108 und Neuem bergm. Journ. I. 561, über einzelne magnetische Gesteine.

Steinhäuser in Scheerer allg. Journ. der Chem. I. 274, ebenso.

Flurl über magnetische Wirkungen auf einem Serpentinrücken bei Kretschenreut, in dessen Schrift über Gebirgsformationen in den dermaligen Kurpfalzbairischen Staaten. 1805. S. 42. Anmerk.

Galbraith über den Magnetismus von *Arthur's Seat* in *Edinb. new philosoph. Journ. April — October* 1831. S. 287.

Zimmermann über magnetischen Serpentin vom Frankensteiner Schlofs bei Darmstadt, in Gilb. Ann. XXVIII. 483.

Bouguer Störung der Magnetnadel durch Felsblöcke, in *Figure de la terre voyage au Perou LXXXIII.*

von Humboldt magnetischer Thonporphyr in Peru, in Gilb. Ann. XVI. 461.

Schulze magnetische Basaltfelsen der Eifel, in Schweigg. Journ. LII. 221.

Reufs magnetische Wirkungen an der hohen Wostroi im böhmischen Mittelgebirge, in Schweigg. Jour. LIII. 236.

Blesson über magnetische Thoneisensteine, in dessen — Magnetismus und Polarität der Thoneisensteine 1816 und Gilb. Ann. LII. 272.

Zeune über den Haideberg, die sächsischen Basaltberge,

und Anders in dessen — über Basaltpolarität 1809 und in Allg. Lit. Zeit. Int. 1805. 169.

Von diesem Magnetismus einzelner Punkte von Felsen und einzelner abgetrennter Gesteinsstücke hat man aber immer, seitdem man diesen Gegenstand behandelt, den Magnetismus ganzer Berge und Gebirge unterschieden, obwohl beide in unmittelbarem Zusammenhange stehen und in einander übergehen müssen.

Während der erstere, den man *Gesteinsmagnetismus* nennen kann, unwiderleglich nachgewiesen ist, und an vielen Felsen und Handstücken mit Leichtigkeit aufgefunden werden kann, — ist der letztere, der *Gebirgsmagnetismus* zu nennen wäre, immer noch etwas problematisch, und besonders in seinem Verhalten nicht aufgeklärt. — Man denkt sich, dafs ein Berg, der aus magnetischen Gesteinen besteht, einen grofsen Magneten darstellte, und bestimmte Pole d. h. Mittelpunkte der Wirkung besitze. — Solches hat man auch in mehreren Fällen wirklich nachzuweisen gesucht, wie an den magnetischen Granitfelsen des Harzes und besonders an dem Haideberge. — Indessen zeigen diese Beobachtungen keine sehr regelmäfsige Vertheilung des Magnetismus; in allen Fällen sind es nur gewisse Punkte, Linien oder beschränkte Flächen, welche Polarität beobachten liefsen, während daneben und dazwischen Indifferenzpunkte und auch entgegengesetzte Pole gefunden wurden. Es erstrecken sich auch diese Beobachtungen nur auf geringe Entfernungen, wovon höchstens die Bestimmung Hrn. von Humboldt's eine Ausnahme macht, dafs am Haideberge schon bei 22 Fufs Entfernung eine starke Ablenkung der Magnetnadel erfolgte. — Diese Erfahrungen können daher nur lehren, dafs man die richtige Bestimmung der Declination, Inclination und Intensität in unmittelbarer Nähe von dergleichen Felsarten nicht erhalten kann; sie sind jedoch nicht geeignet uns darüber Aufschlufs zu geben, ob die Berge und Gebirge im Grofsen einen Einflufs auf Richtung und Stärke des Magnetismus haben.

Eine genau studirte, jedoch auch nur auf eine geringe

Entfernung sich erstreckende Lokalstörung wird von Sabine in seinen Beobachtungen über die Richtung und Intensität des Erdmagnetismus in Schottland in dem *Report on the 6th meeting of the British association for the advancement of science Vol. V. p.* 97 mitgetheilt, indem auf einem von Trappgängen durchzogenen Felsen am *Loch Scavig* die Neigung um 5° zu grofs gefunden wurde. Aber auch von den übrigen Beobachtungspunkten zeigen alle auf eruptiven Gesteinen gröfsere Abweichungen von dem aus allen Bestimmungen gezogenen Mittel, als die auf sedimentären Gesteinen, die fast ganz mit den berechneten Werthen zusammenfallen.

Es sind indessen der Fälle nicht wenige, in welchen nicht blofs dergleichen ganz locale und auf einen kleinen Wirkungskreis beschränkte Störungen, sondern solche beobachtet wurden, die, von gröfseren Massen ausgehend, sich auf gröfsere Entfernungen erstrecken, und daher in einer ganzen Gegend die Bestimmung der magnetischen Elemente, in so weit sie nur von der geographischen Lage abhängig seyn sollen, unsicher und falsch machen. — So beobachtete

Cook (Gilb. Ann. XXXV. 219) in den Südseeinseln Unregelmäfsigkeiten der Abweichung, deren Ursache er in Localeinflüssen sucht.

Derselbe (Gilb. Ann. XXXV. 237) fand im *Nootka*-Sunde sehr verschiedene Declination am Bord und auf dem Lande und sagt: „Wir haben bemerkt, dafs es am Lande irgend etwas gab, das stark auf die Boussole wirkte, an anderen weniger“.

Die von La Peyrouse (Gilb. Ann. XXXII. 81) an verschiedenen Punkten von Teneriffa beobachtete, sehr unregelmäfsige Richtung der Magnetnadel führte zu Vermuthungen über den starken Eisengehalt des Bodens, und es gehört dieses Phänomen vielleicht nur dem Gesteinsmagnetismus an.

Auch Borda fand (nach Fournet a. a. O.) am Kra-

ter vom Pic von Teneriffa 19° 45′ westliche Abweichung, zu *St. Cruz* 15° 50′ und zu *Gomera* 15° 45′.

Löwenörn (von Zach monatl. Corr. 1800. 529. und Gilb. Ann. XXIX. 438) spricht von den grofsen Unregelmäfsigkeiten der Abweichungsnadel auf Island und an dessen Küste, und erinnert daran, dafs bereits Olafsen und Povelsen in d. J. 1752 und 1757 auf die Verwirrung des gewöhnlichen Compasses daselbst aufmerksam gemacht haben.

Parry beobachtete in den nördlichen Eismeeren in beträchtlicher Entfernung vom Lande einige Male ein plötzliches Umspringen der Nadel (nach Gehlers Wörterb. und Fournet).

Jameson fügt dem oben citirten Aufsatze über die magnetische Wirkung der Felsen von *Arthur's Seat* (*Edinb. new. philos. Journ. April — October* 1831. 285.) eine Anmerkung hinzu, in welcher er u. a. sagt: „Unabhängig von den Localstörungen, die in den *Western Islands* die Nachbarschaft von Trapp hervorbringt, findet sich eine allgemeine Unregelmäfsigkeit in der magnetischen Abweichung vorherrschend an den westlichen Küsten, die ohne Zweifel durch den vereinigten Einflufs mächtiger Züge von Trapp oder andern Gesteinen hervorgebracht wird. Sie ist bemerklich genug auf der See, um wesentlich den Gebrauch des Compasses bei der Schifffahrt zwischen diesen Inseln zu beschränken. — — — Zu einer Zeit, zu welcher die allgemeine Abweichung zu 26° bestimmt wurde, fand man sie zu *Loch Ryan* 19°, auf der Ostküste von *Skye* 36°, und zu *Ailsa* 21°. Die Beobachtungen auf dem Lande wurden mit einer möglichst hoch über dem Boden aufgestellten Nadel gemacht“. — Diese Beobachtungen scheinen sehr entschieden für einen verbreiteten und intensiven Gebirgsmagnetismus zu sprechen; — indessen wäre zu wünschen, in den Gegenden, wo bedeutende Abweichungen von der regelmäfsigen Richtung bemerkt wurden, wären mehrere Beobachtungen an wenig entfernten Punkten angestellt worden, um zu untersuchen, ob diese Abweichungen nicht ganz

beschränkter Art, blofs von dem Gesteinsmagnetismus abhängig waren. Dafür sprechen die oben angeführten genauen Beobachtungen von Sabine über die Inclination und Intensität an sehr verschiedenen Punkten von Schottland, aus denen sich in gröfsere Entfernungen wirkende Störungen durch ganze Gebirge durchaus nicht ergeben.

Hansteen hat mehrere Male auf den Gebirgsmagnetismus aufmerksam gemacht. So vermuthet er (Magnetismus der Erde, Anh. 146) Localstörungen auf Teneriffa, Elba, den Faröer, am Feuerlande, in dem Nootkasunde und an mehreren Stellen auf Island; — und sagt (Gilb. Ann. LXXV. 189.), dafs nach seinen Erfahrungen gröfsere Bergrücken in Norwegen die Richtung der Magnetnadel verändern. Er habe diefs besonders in dem felsigen Theile des westlichen Norwegens bemerkt, doch erstrecke sich diese Wirkung kaum auf einige Meilen, und habe keinen Einflufs auf das Ganze der Vertheilung des Magnetismus der Erde. — Besonders wichtig sind die Beobachtungen, die er in seiner Abhandlung über die Bestimmung der horizontalen Intensität (Poggendorff's Annalen Bd. III. 225) aus der Gegend von Christiania anführt. Er sagt (S. 386), dafs in gebirgigen Ländern, wie Norwegens und Schwedens südwestliche Küste, es sehr schwierig sey, die wahre Intensität zu bestimmen, wenn man darunter diejenige versteht, welche einzig aus der Lage des Ortes gegen die Magnetaxen der Erde erfolgt, also von dem örtlichen Magnetismus der Umgegend befreit ist. Dergleichen Störungen werden in der ganzen umliegenden Gegend von Christiania bemerkt. — Er macht dann dieselbe Eintheilung dieser Anomalien in zwei Arten, welche oben mit Gesteins- und Gebirgsmagnetismus bezeichnet wurden, und legt durch Beobachtungen sowohl der horizontalen Intensität als der Inclination dar, dafs ein örtlicher Magnetismus der zweiten Art, d. h. Gebirgsmagnetismus, durch eine gröfsere horizontale Intensität und eine geringere Inclination in der weiteren Umgegend von Christiania angezeigt werde.

Aus der angeführten Zusammenstellung von Fournet ersehe ich, da mir die Originalwerke nicht zugänglich sind, — dafs theils aus mehreren Beobachtungen der Intensität von Kreil in Italien und in den Alpen, — theils aus den Bestimmungen des magnetischen Erdpoles durch die verschiedenen Südpolarexpeditionen auf locale, jedoch weiter verbreitete Störungen, also auf Gebirgsmagnetismus geschlossen wird. Eben so zieht Forbes (*Philosoph. Magaz. XI.* 58) aus seinen Beobachtungen über die Intensität des Magnetismus in verschiedenen Gegenden Europa's (S. 366 und 370) den Schlufs, dafs Gebirgsketten Unregelmäfsigkeiten in dem Verlaufe der magnetischen Curven hervorbringen.

Von Fournet (a. a. O.) wird berichtet, dafs ein Geometer, Herr Bussat, im Thale der *Sioute*, wo viele vulkanische Massen in der Nähe sind, wegen Störung des Compasses Schwierigkeiten in der Aufnahme des Landes gefunden habe. Indessen ist nicht näher angegeben, ob diefs nicht blofs Störungen von sehr beschränkter Verbreitung, und in geringen Distanzen regellos wechselnd gewesen seyen.

Besonders ist hieher noch die Beobachtung von Saussure (Voyage Ausg. v. 1786. 8. IV. 107) zu rechnen, der, durch die von Trembley angestellte Beobachtung des Magnetometers aufmerksam darauf gemacht, dafs die magnetische Anziehung des Nordpoles auf dem *Mont Cramont* nach Westen hin stärker sey, als nach Osten, mit der Boussole das magnetische Azimut von der Spitze dieses Berges nach dem Kirchthurme von *Courmayeur*, und zurück von einem in derselben Linie liegenden Punkte bei letzterem Orte (weil die Eisentheile des Thurmes die Aufstellung auf demselben nicht erlaubten) nach der Spitze des *Cramont* nahm, und es im ersteren Falle um 3° 15′ westlicher fand, als im letzteren. Diese Beobachtung würde gar nichts zu wünschen übrig lassen, wenn man durch Wiederholung derselben an wenig von einander entfernten Punkten nachgewiesen hätte, dafs hier keine auf einen

kleinen Umkreis beschränkte Störung, mit andern Worten kein Gesteinsmagnetismus, eingewirkt hat.

Zu Beobachtungen über den Magnetismus eines Berges schien mir der *Pöhlberg* bei Annaberg besonders geeignet. Es ist ein isolirter, sich steil über das umgebende Gneifsgebirge erhebender Basaltberg, nach dessen Fufs hin die Umgebung von allen Seiten her säuftig ansteigt. Der Magnetismus seines Gesteines, wie wohl allen Basaltes, ist leicht an einzelnen Punkten und Bruchstücken mit jedem Compafs nachzuweisen, und es soll davon nachher noch die Rede seyn. — Schon Zeune in seinem Werke über Basaltpolarität, Berlin 1809. 8., hat diesen Berg sowohl, als die ähnlich gebauten des Scheibenberger und Bärensteiner Hügels, zum Gegenstande seiner Beobachtungen gemacht, allein das Wenige, was er darüber sagt, und woraus er eine wirkliche Polarität des Berges erkennen will, beschränkt sich auf einige Beobachtungen in etwa 2 Fufs Entfernung vom Basalte, wo er auf der Nord- und Südseite des Berges magnetische Wirkungen beobachtet hat.

Am 26. und 27. August hat Herr J. Weifs, der die Messungen ausführte, während ich mit Schwingungsbeobachtungen beschäftigt war, rings um den Basaltberg herum, in Entfernungen von 200 bis 300 Schritten vom anstehenden Basaltfelsen, an 24 Punkten eine mit Diopter versehene Boussole auf einem Stative aufgestellt, und das magnetische Azimut jeder Linie von beiden Endpunkten aus bestimmt.

Figur 3. Tafel I. giebt das Resultat dieser Beobachtungen. *A*, *B*, *C* . . . *X*, *Y* sind die vierundzwanzig Beobachtungspunkte, deren Entfernung, da es nur auf eine vorläufige Untersuchung abgesehen war, nur durch Ausschreiten bestimmt worden ist. Durch dieses Verfahren konnte aufgefunden werden, ob die Declinationsnadel an den verschiedenen Seiten des Berges verschiedene Richtung zeige; was gefunden worden ist, ergiebt sich aus der Figur 3. Taf. I. Nennt man nämlich die am 26. August Morgens beobachtete Richtung der Declinationsnadel im Punkte $A = 0$, so fand man die Richtung der Linie von *A* nach *B*

grade so, wie die von B nach A, die Declination war also in B ebenfalls $= 0$; dagegen fand man die Richtung von B nach C um 0,5 Grad mehr, als die Richtung von C nach B, von dem magnetischen Meridian abweichend, woraus folgt, dafs bei C die Declination um 0,5 geringer war, als bei A und B; ich setzte sie daher bei $C = - 0°,5$. Danach sind die beigesetzten Zahlen zu deuten.

Ehe aus denselben ein Schlufs gezogen wird, ist es nöthig, die Genauigkeit der Beobachtungen anzugeben.

Zuerst sind wegen der täglichen Variation und der Perturbationen der Declination Correctionen nicht angebracht worden; dieselben sind jedoch wohl zu vernachlässigen, weil

zweitens das angewandte Instrument selbst die Declination bis auf einige Zehntel eines Grades unsicher angiebt, obwohl es in halbe Grade getheilt war, und durch Ablesen beider Spitzen halbe Zehntelgrade noch geschätzt werden konnten. Aus diesen Ursachen ist es zu erklären, dafs, wenn man die Declination, von einem Punkte zum andern fortgehend, am Ende der ganzen Beobachtungsreihe für A bestimmt, sie zu $-$ 0,45 Grad gefunden wurde, da doch hier dieselbe $= 0$ nach der ersten Beobachtung am Morgen des ersten Tages angenommen, und am zweiten Tage Mittags nach der nochmaligen Beobachtung der Linie AB $= 0,05$ bestimmt worden ist.

Wenn dieses zeigt, dafs nur eine rohe Annäherung der Declinationsbestimmungen erlangt wurde, so war unter den gegebenen Umständen doch die Anwendung genauerer Methoden, wie die von Theodolith und mit Spiegel versehenen Magneten, nicht am Orte, weil

drittens die sämmtlichen Beobachtungen noch innerhalb des Bereiches der um den ganzen Berg herum am Gehänge in grofser Anzahl verbreiteten gröfseren und kleineren Basaltstücke angestellt worden sind. Es hätte freilich diefs vermieden werden, man hätte sich soweit von dem Berge entfernen sollen, dafs man nichts mehr von dem Einflusse solcher Basaltstücke zu fürchten gehabt hätte; — dadurch wäre aber einestheils der mit den Beobachtungen zu un-

fassende Umkreis so grofs, und anderntheils, wegen der beträchtlichen Entfernung des Berges, dessen muthmafsliche magnetische Wirkung so schwach geworden, dafs diefs nicht gerathen erschien. — Wenn nun auch gesucht wurde, gröfseren Anhäufungen von Basaltstücken möglichst aus dem Wege zu gehen, so war das doch nicht durchgängig möglich, und wo auch sichtbar in der unmittelbaren Nähe des Instrumentes dergleichen nicht vorhanden waren, blieb man immer über die unter der Oberfläche verborgenen in Unsicherheit. — Das solche Basaltstücke aber einen Einflufs auf die Richtung der Nadel ausüben können und ausgeübt haben, läfst sich nicht bezweifeln, und deshalb wären eben genauere Mittel der Declinationsbestimmung nicht von Nutzen gewesen.

Es war aber zu erwarten, dafs, wenn der Berg als Ganzes magnetische Polarität besäfse, und daher in gröfseren Entfernungen Wirkung auf die Magnetnadel ausübte, — so würden die angestellten Beobachtungen in partiellen Mitteln zusammengenommen, diefs erkennen lassen, — man würde etwa im Mittel eine andere Declination auf der Ost- als der Westseite gefunden haben. Es ist das jedoch nicht der Fall, und es ergiebt sich daher,

dafs eine magnetische Polarität dieses Basaltberges, welche auf die Richtung der Magnetnadel in einigermafsen beträchtlicher Entfernung einwirkt, nicht, oder wenigstens in sehr geringem Grade vorhanden ist.

Noch mufs eines besonderen Versuches erwähnt werden, der sich ebenfalls in der angeführten Figur angedeutet findet. — Dem Punkte *E* gegenüber stehen am Fufse der eigentlichen Basalterhebung deutliche, dicke, unregelmäfsige, verticale Säulen an. Dieselben sind stark magnetisch, so dafs die Nadel eines Compasses, der unmittelbar auf die Säulen aufgestellt wurde, an mehreren Stellen starke Ablenkung erlitt. An einem Punkte z. B. betrug sie etwa 60°, an einem andern ungefähr 90°. Jede kleine Verrückung des Compasses hatte einen ganz veränderten Stand der Nadel zur Folge. Als aber auf das obere Ende

der Säulen das etwa 4 Fuſs hohe Stativ mit der Diopterboussole an den Punkten *a* und *b* aufgestellt, und das magnetische Azimut der Linien *Ea* und *Eb* sowohl von *a* und *b*, als auch von *E* aus bestimmt wurde, ergab sich die Richtung der Nadel in *a* gerade wie in *E*, und in *b* um 1°,3 stärker abweichend, als in *E*. Es ergiebt sich hieraus, daſs die starke magnetische Polarität des Basaltes auf einzelne unregelmäſsig vertheilte Punkte beschränkt ist, in geringen Entfernungen wechselt, und schon in 4 Fuſs Entfernung von der Oberfläche nur noch verhältniſsmäſsig geringe Wirkung äuſsert. Da die sämmtlichen übrigen Beobachtungen ebenfalls auf dem 4 Fuſs hohen Stative angestellt sind, so läſst sich erwarten, daſs die über und in dem Boden vertheilten Basaltblöcke auch nur mäſsigen Einfluſs auf die Boussole gehabt haben mögen, was auch das Gesammtresultat bestätigt.

An 11 der auf der Figur angebenen Punkte sind auch Beobachtungen über die horizontale Intensität mit einem mir durch den Hrn. Prof. W. Weber geliehenen Hansteen'schen Schwingungsapparat angestellt worden; ich überzeugte mich aber, daſs bei nur etwas windigem Wetter der kleine, leichte Apparat Erzitterungen erhält, die die Resultate so verändern, daſs damit nichts anzufangen ist. Ich enthalte mich daher auch ganz, sie näher anzuführen.

III. *Ueber die durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Töne; von W. Wertheim.*

(*Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. XXIII, p.* 302.)

Zweite Abhandlung.

Hr. Page hat zuerst bemerkt, daſs ein Eisenstab im Momente seiner Magnetisirung durch den galvanischen Strom

einen eigenthümlichen Ton giebt [1]), und diese Thatsache ist seitdem durch Hrn. Delezeune bestätigt worden [2]).

Ohne diese Entdeckung zu kennen, veröffentlichte ich i. J. 1844 eine Abhandlung, in welcher ich mich mit mehreren, mit diesen Gegenstand innig zusammenhängenden Fragen beschäftigte [3]). In dieser Arbeit suchte ich zu beweisen:

1) Dafs der elektrische Strom eine vorübergehende Schwächung des Elasticitäts-Coëfficienten von Leitern bewirkt.

2) Dafs auch die Magnetisirung von einer sehr kleinen Verringerung des Elasticitäts-Coëfficienten des Eisen begleitet ist, die bei Unterbrechung des magnetisirenden Stroms nur theilweis verschwindet, und dafs dieser Effect sich nicht augenblicklich äufsert, sondern erst nach fortgesetzter Einwirkung des Stroms.

Die Erzeugung des Tons durch den äufseren Strom (wir meinen damit einen Strom, der einen Schraubendraht durchläuft, in dessen Axe sich ein Eisenstab oder ausgespannter Eisendraht befindet) ist zuerst mit vieler Genauigkeit von Hrn. Marrian beobachtet [4]). Nach diesem Physiker wäre der entstandene Ton identisch mit dem, welchen man erhält, wenn man an den Stab, an einem seiner Enden, in Richtung seiner Axe schlägt, wogegen ein Schlag von der Seite her nichts Aehnliches bewirkte.

Hr. Marrian hat auch erkannt, dafs andere Metalle, unter denselben Umständen, wie das Eisen, keinen Ton geben, und dafs endlich der Ton bei Stäben von gleichen Dimensionen derselbe ist bei Eisen, gehärtetem Stahl und zuvor magnetisirtem Stahl.

Hr. Matteucci hat diese Versuche wiederholt [5]), wo-

1) Silliman, American. Journ. 1837. July (Ann. Bd. 43. S. 411).
2) *Bibliothèque univers. Ser. nouv. T. XVI.*
3) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XII. p.* 610 (Ann. Ergänzungsbd. II. S. 99).
4) *L'Institut No.* 576 (Ann. Bd. 63. S. 530).
5) *L'Institut No.* 609.

bei er sowohl mit Drähten als Stäben von Eisen operirte, und besonders das Verhältnifs zwischen der Stromstärke und der Intensität des Tons zu ermitteln suchte; nur hat Hr. M. einige Zweifel über die Natur und den Werth des Tons behalten.

Die Herren De la Rive[1]) und Beatson[2]) haben, jeder für sich, die Entdeckung gemacht, dafs der durchgeleitete Strom, d. h. der direct durch einen Eisendraht gehende, ebenfalls einen Ton in demselben erzeugt. In einer späteren Abhandlung hat Hr. De la Rive eine Reihe von Versuchen, mit verschiedenartig combinirten Strömen an verschiedenen Metallen und unter verschiedenen Umständen angestellt, ausführlich beschrieben[3]).

Endlich hat Hr. Guillemin einen interessanten Versuch kennen gelehrt, der sich sowohl auf den in Rede stehenden Gegenstand als auf meine bereits erwähnten Versuche bezieht[4]). Er hat beobachtet, dafs ein weicher Eisenstab, der von einem Schraubendraht umgeben, an einem seiner Enden in horizontaler Lage befestigt und am andern mit einem unbedeutenden Gewicht beschwert ist, sich im Moment, wo man einen Strom durch den Schraubendraht leitet, sichtbar gerade richtet. Hr. Guillemin schreibt diese Bewegung einer durch die Magnetisirung bewirkten temporären Zunahme der Elasticitätskraft des Eisens zu.

Zur selben Zeit übergab ich der Academie eine kurze Note[5]), in welcher ich, ohne in das Detail der Versuche einzugehen, die von mir erhaltenen Resultate zusammenfafste und auseinandersetzte, wie man, nach mir, die Entstehung des Tons zu erklären habe. Die gegenwärtige Abhandlung enthält die Entwicklungen und Beweise zur Stütze der damals von mir ausgesprochenen Sätze. Es scheint mir also

1) *Compt. rend. de l'Acad.* 28 *Avr.* 1845 (*T. XX. p.* 1287. — Ann. Bd. 65. S. 637).

2) *Electrical Magazine. April.* 1845.

3) *Archives de l'Electricité No.* 17.

4) *Compt. rend. de l'Acad.* 9 *Febr.* 1846 (*T. XXII. p.* 264).

5) *Ibid.* (23 *Febr.* 1846) *T. XXII. p.* 336 (Ann. Bd. 68. S. 140).

überflüssig, hier die Elemente einer Discussion [1]) zu wiederholen, die bei Gelegenheit dieser Note erhoben und von den Herren De la Rive, Guillemin und Wartmann geführt wurde. Nur will ich daran erinnern, dafs der letztere Physiker zuerst bemerkt hat, dafs der durchgeleitete Strom einen Ton erzeugen kann, ohne dafs ihm in dem Leiter ein merklicher Widerstand entgegensteht. Man kann also den Ton eben so gut in einem Eisenstab als in einem gespannten Eisendraht hervorbringen und folglich spielt die Wärme nur eine unbedeutende Rolle bei dem Phänomen.

Seit dieser Zeit hat Hr. De la Rive der K. Gesellschaft zu London eine Abhandlung eingesandt [2]), deren einer Theil diesen Gegenstand behandelt. Nachdem er erkannt, dafs der durchgeleitete Strom in keinem anderen Metalldraht als in einem Eisendraht einen Ton erzeugt, beschreibt er eine neue Klasse von Thatsachen:

„Alle Leiter lassen, wenn sie dem Einflufs eines starken Elektromagnets ausgesetzt sind, im Moment des Durchgangs eines unterbrochenen elektrischen Stroms, einen sehr deutlichen Ton hören, analog dem des gezahnten Rades von Savart. Der Einflufs des Magnetismus auf alle leitenden Körper scheint darin zu bestehen, dafs er ihnen, so lange er dauert, eine analoge Constitution einprägt, wie die, welche das Eisen von Natur besitzt; denn er entwickelt in ihnen die Eigenschaft, beim Durchgange von discontinuirlichen Strömen, Töne zu geben, die identisch sind mit denen, welche Eisen und andere Metalle ohne Hülfe der Wirkung eines Magnets geben".

Endlich hätten wir noch der Arbeiten der Herren Beatson und Joule zu erwähnen; allein da diese geschickten Physiker sich besonders von mechanischer Seite mit der Aufgabe befafsten, so wird die Betrachtung ihrer Resultate ihren natürlichen Platz in dem ersten Theile dieser Abhandlung finden.

1) *Ibid.* 9. und 23. März 1846 (*T. XXII. p.* 428 et 544).

2) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XIX. p.* 377 (vollständig in den Ann. Bd. 76. S. 270).

I. Mechanische Wirkungen des elektrischen Stroms.

Können wir beweisen, dafs der Strom, der äufsere wie der durchgeleitete, eine plötzliche Formveränderung, einen instantanen Stofs im Eisen bewirkt; können wir bestimmen, in welcher Richtung dieser mechanische Effect statthat; können wir überdiefs zeigen, dafs derselbe Effect, in derselben Richtung von einer andern rein mechanischen Kraft erzeugt, denselben Ton wie der Strom hervorbringt: so wird es unnöthig seyn, zur Erklärung des Phänomens irgend eine besondere Hypothese aufzusuchen, denn offenbar entspringt er dann aus den Schwingungen, die jede plötzliche Formveränderung begleiten, und die Meinungen können nur darin abweichen, auf welche Weise der Strom diesen mechanischen Stofs hervorbringe.

In der schon erwähnten Note habe ich die Meinung ausgesprochen, dafs, in gewissen Fällen, der durch einen Schraubendraht gehende Strom eine wirkliche Verlängerung oder Verkürzung der eingeschlossenen Eisenstange bewirken könne. Folgendes ist die Einrichtung der Apparate, die zu meinen Versuchen dienten.

Zuvörderst war zu ermitteln, ob eine nicht-eingespannte Eisenmasse durch blofse Wirkung der Magnetisirung eine Volumsveränderung erleide. Zu dem Ende brachte man einen Cylinder *a* von weichem Eisen, 20 Centm. lang und 2 Centm. dick, in ein Probeglas *b* von etwas gröfserer Geräumigkeit als der Eisencylinder (Fig. 4. Taf. I). Dieses Probeglas trug oben eine Fassung, die mittelst eines Schraubenganges einen Deckel mit zwei Tubulaturen aufnahm; in der einen war ein empfindliches Thermometer *c* eingekittet, und in der andern ein an beiden Enden offnes Haarröhrchen *d*. Dieser Apparat wurde bis zu einer gewissen Höhe in dem Haarröhrchen mit Wasser gefüllt und dann in die Mitte einer starken Drahtrolle gestellt. Dieser Versuch gab nur ein negatives Resultat. Der Durchgang des Stroms erzeugte keine Niveauveränderung im Wasser, mithin erfolgt vermöge der blofsen Magnetisirung weder eine Aenderung im Volum noch in der Temperatur.

Hierauf wurde der Versuch dahin abgeändert, dafs man an einem eingespannten Eisenstab die linearen Veränderungen nach drei rechtwinklichen Richtungen beobachten konnte. Der weiche Eisenstab *a*, Fig. 5. Taf. I, ward in seiner Mitte in einen Schraubstock *b* eingespannt, und mit einem seiner Enden in die Axe einer Drahtrolle *c* gesteckt. Diese enthielt 1336 Meter Kupferdraht von $2^{mm},5$ Durchmesser. Der ganze Apparat ruhte auf einem mehr als 2 Meter langen Brett, das mit Stellschrauben versehen war. Das Brett hatte erstens, seiner Mitte entlang, eine Fuge, in welcher die kleinen mit Schrauben versehenen Stative *d* verschiebbar waren, und ferner an jedem seiner Enden eine halbkreisrunde Fuge *e*, die zur Bewegung der Mikroskope *A* und *B* dienten.

Jedes Fernrohr, Fig. 5 und 6. Taf. I, vergröfserte etwa 20 Mal linear und enthielt zwei Fadenkreuze; es ruhte auf einem kleinen Schlitten *f*, beweglich durch die mit getheiltem Kopf versehene Mikrometerschraube *g*. Eine Spirale *h*, befestigt mit einem Ende an diesem Schlitten und mit dem andern an der Platte, auf welchen derselbe sich bewegte, verhinderte jeden Zeitverlust bei der Bewegung. Diese Platte *i* wurde getragen durch zwei Säulen *l*, die durch eine horizontale Axe *m* verbunden waren. Das Schwanzstück *n*, Fig. 7, welches die Zapfen dieser Axe trug, hatte zwei Löcher zur Aufnahme von zwei Bolzen, einem *o*, der als Centrum der Drehung diente, und einem andern *o'*, der sich in der halbkreisrunden Fuge bewegte, und in jeder Stellung mittelst einer Klemmschraube *r* befestigen liefs.

Vermöge dieser Einrichtung diente das Mikroskop, in *A* aufgestellt, zur Messung der lateralen Verschiebung, und in *B* aufgestellt, zur Messung der longitudinalen; legte man endlich durch Drehung der Säulen das Mikroskop horizontal, so diente es zum Beobachten der verticalen Verschiebungen.

Die beiden Enden der Drahtrollen führten zu einer Daniell'schen Batterie von 1 bis 12 Elementen, in deren Kreis zugleich ein Galvanometer eingeschlossen war.

Folgendes waren die Resultate dieser Versuche. Als die

die Drahtrolle so gelegt war, dafs ihre Axe mit der des Stabes zusammenfiel, beobachtete man keine Seitenbewegung, sondern nur eine sehr kleine Verlängerung. Diese Verlängerung ging selten über 0,002 Millim., und war, obwohl sichtbar, doch fast unmefsbar. Sie war am deutlichsten, wenn die Rolle sich ganz am Ende des Stabes befand; sie nahm mit Annäherung an den Einspannungspunkt ab, und wahrscheinlich geht sie, ganz dicht bei diesem Punkt, in eine Verkürzung über. Doch habe ich niemals mit Sicherheit eine Verkürzung beobachten können.

Verschob man die Drahtrolle parallel mit sich selbst, so dafs der Stab sich nicht mehr in ihrer Axe befand, so blieb die Verlängerung; allein sie war begleitet von einer weit beträchtlicheren Bewegung im Sinne des durch den Stab gehenden Radius der Rolle. Es war leicht diese Bewegung bei verschiedenen Stärken des Stromes zu messen, so wie für verschiedene Lagen des Stabes, zwar auf demselben Radius der Rolle, aber in verschiedenen Abständen vom Mittelpunkt.

In der folgenden Tafel bezeichnen:

L .. Länge des Stabes vom Einspannungspunkt bis zu seinem freien Ende.

L_1 .. Abstand des Einspannungspunkts von dem Punkt, wo der Stab in die Rolle eintritt.

b, c, .. Breite und Dicke des Stabes.

D .. Länge des Radius zwischen der Axe des Stabes und der Axe der Rolle.

J .. Intensität des Stroms, dabei zur Einheit diejenige genommen, welche die Galvanometernadel 10′ ablenkt.

F .. Krümmungspfeil, gemessen am Ende des Stabes.

$f=\frac{F}{J}$, dieser Pfeil, bezogen auf die Intensitäts-Einheit.

Da die Rolle 25 Centimeter Länge und 18 Centimeter inneren Durchmesser besafs, so begreift man leicht, wie sie in jedem Fall gegen den Stab gelagert war. Alle Messungen sind in Millimetern angegeben.

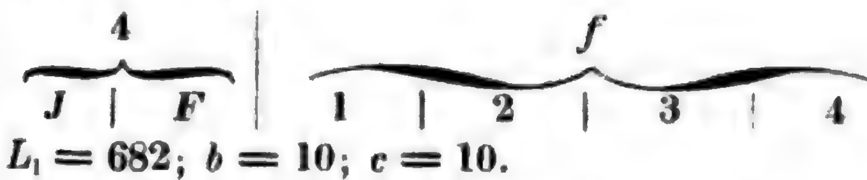
Latera-

D	1 J	1 F	2 J	2 F	3 J	3 F
				1. Eisenstab, $L = 997$;		
0	4,90	0,000				
10	5,44	0,082				
20	„	0,131	2,36	0,050		
30	„	0,181				
40	5,58	0,298				
50	5,30	0,324	2,36	0,199		
60	„	0,502	„	0,223		
70	„	0,650	„	0,261		
80	„	0,788	„	0,280		
		2. Streifen Eisenblech (aufrecht gestellt),				
0	4,46	0,000	2,65	0,000	1,76	0,000
10	„	0,535	„	0,254	„	0,161
20	„	1,186	„	0,570	„	0,336
30	4,68	1,700	„	0,777	1,94	0,476
40	„	2,212	2,85	1,081	1,83	0,602
50	„	2,745	„	1,348	1,76	0,846
60	„	3,533	2,75	1,640	„	1,020
70	„	4,161	„	2,080	„	1,296
80	4,81	5,121	2,65	2,606	„	1,546
				3. Eisenstab, $L = 981$;		
0	4,46	0,000	2,45	0,000	1,25	0,000
10	„	0,370	„	0,174	„	0,090
20	„	0,512	„	0,260	„	0,156
30	„	0,689	„	0,426	„	0,252
40	„	1,052	2,55	0,574	„	0,304
50	4,68	1,362	„	0,706	„	0,360
60	„	1,625	„	0,906	1,20	0,370
70	„	1,955	2,65	1,074	„	0,430
80	„	2,322	„	1,221	„	0,525

Die Pfeile sind also beinahe proportional den Intensitäten. Diese Proportionalität ist aber nicht strenge richtig, denn, besonders bei den Versuchen mit dem Blechstreifen, nehmen die Werthe von f ab mit der Intensität, so dafs es scheint, als wüchse der Pfeil in einem etwas gröfseren Verhältnifs als die Intensität; allein dieser Unterschied kann davon herrühren, dafs entweder der Einspannungspunkt niemals strenge unbeweglich ist, oder dafs die Einspannung nicht auf einen einzigen Punkt beschränkt, sondern auf eine gewisse Strecke des Stabes vertheilt ist.

Leicht findet sich nun angenähert, für jede Lage des Stabes, das mechanische Aequivalent der Einheit der Strom-

ler Zug.



4		f			
J	F	1	2	3	4
$L_1 = 682$; $b = 10$; $c = 10$.					
		0,0151			
		0,0241	0,0212		
		0,0333			
		0,0534			
		0,0611	0,0843		
		0,0947	0,0945		
		0,1226	0,1106		
		0,1487	0,1187		
$L = 916$; $L_1 = 616$; $b = 12$; $c = 3{,}375$.					
0,95	0,000				
„	0,096	0,1200	0,0959	0,0915	0,1011
„	0,124	0,2659	0,2151	0,1909	0,1305
„	0,210	0,3632	0,2932	0,2454	0,2211
0,90	0,268	0,4726	0,3793	0,3202	0,2978
0,85	0,305	0,5865	0,4730	0,4807	0,3588
0,65	0,370	0,7549	0,5964	0,5795	0,5692
„	0,476	0,8891	0,7564	0,7364	0,7323
„	0,536	1,0646	1,9834	0,8784	0,8246
$L_1 = 667$; $b = 5$; $c = 5$.					
		0,0830	0,0710	0,0720	
		0,1184	0,1061	0,1248	
		0,1545	0,1739	0,2016	
		0,2358	0,2251	0,2432	
		0,2910	0,2769	0,2880	
		0,3472	0,3553	0,3083	
		0,4178	0,4053	0,3583	
		0,4961	0,4608	0,4875	

stärke, d. h. das Gewicht, welches, am Ende des Stabes angebracht, denselben Pfeil hervorbringen würde. Diefs Gewicht berechnet sich nach der Formel:

$$P = \frac{fgbc^3}{L^3},$$

in welcher *f*, *L*, *b* und *c* die vorhin angezeigte Bedeutung haben; *q* ist der Elasticitäts-Coëfficient, für weiches Eisen gleich 19000 Kilogram auf das Quadratmillimeter, und *P* die, im Sinne der Dicke *c*, am Ende des eingespannten Stabes angebrachte Last.

Nimmt man z. B. die den Werthen $D = 80$ und $= 50$ entsprechenden Lagen, so findet man:

No. des Stabs.	Für $D = 80$.		Für $D = 50$.	
	f	P	f	P
1	$0^{mm},1337$	$6^{grm},408$	$0^{mm},0727$	$3^{grm},484$
2	0, 9377	2, 673	0, 4747	1, 493
3	0, 4648	1, 462	0, 2853	0, 813

Die in diesen beiden Lagen entfalteten mechanischen Kräfte sind also:

für $D = 80$: : 100 : 41,71 : 22,81,
für $D = 50$: : 100 : 42,82 : 23,34,

während die Eisenmassen

: : 100 : 40,50 : 25,00.

Die übrigen Werthe von D geben analoge Resultate. Im Allgemeinen kann man also sagen, die Anziehung sey proportional der Stärke des Stroms und der Eisenmasse, auf welche derselbe einwirkt.

Wie man sieht, sind die in diesem Falle entwickelten mechanischen Kräfte nicht zu vernachlässigen. Es wäre sogar leicht, nach diesem Princip ein ziemlich empfindliches Galvanometer zu construiren, wenn man sich einer prismatischen Drahtrolle und eines breiten, dünnen Eisenstreifs bedienen wollte. Ein solches Galvanometer würde mehre bedeutende Vorzüge darbieten: die Ablenkungen würden den Intensitäten proportional seyn und sie wären unabhängig von allen Störungsursachen, die auf das gewöhnliche Galvanometer einwirken, wie die Veränderungen der Magnetkraft der Nadel, die Temperaturveränderungen, u. s. w.

Was den *longitudinalen Zug* betrifft, so ist er leicht sichtbar gemacht, wenn man den Stab in seiner Mitte auf zwei um horizontale Axen bewegliche Rollen legt, während sein Ende in das Ende der Drahtrolle hineinreicht. Im Augenblick der Schliefsung der Batterie wird der Stab im Sinne der Axe lebhaft angezogen und selbst fortgeschleudert. Man kann den Versuch so einrichten, dafs man hiedurch eine sehr regelmäfsige und sehr deutliche Hin- und Herbewegung erzeugt.

Ich habe schon bemerklich gemacht, dafs es mir nicht möglich war, diesen longitudinalen Zug mit einiger Genauig-

keit zu messen. Glücklicherweise hat Joule diese Lücke ausgefüllt [1]).

Dieser Physiker sagt, es habe ihm Hr. Arstall im J. 1841 die Idee mitgetheilt, dafs das Eisen durch seine Magnetisirung an Volum zunehmen möge. Hr. Joule überzeugte sich zunächst, dafs bei einem Eisenstab, der in eine mit Wasser gefüllte Röhre gelegt ist, keine Volumensänderung stattfindet. Darauf machte er Versuche mit einem Stabe, der an einem Ende eingespannt und am anderen frei war. Die Bewegungen dieses letzteren wurden mittelst eines Hebelsystems beobachtet, welches sie im Verhältnifs 1 : 3000 vergröfserte. Mittelst dieses Apparates fand Hr. Joule, dafs ein bis zur Sättigung magnetisirter Stab sich um $\frac{1}{720000}$ seiner Länge verlängerte und dafs diese Verlängerung nach der Unterbrechung des Stroms nur zum Theil verschwand.

In einer anderen Abhandlung beschäftigte sich Hr. Joule mit dem Effect der Magnetisirung auf Stäbe, die zugleich durch successiv vergröfserte Belastungen einer Verlängerung unterworfen sind [2]). Hr. Joule fand, dafs, bis zu einer gewissen Belastung, die Magnetisirung auch jetzt noch eine Verlängerung bewirkt, dafs aber über diese Belastung hinaus die Verlängerung in eine Verkürzung übergeht. Bei einem Eisenstabe von einem Viertelzoll im Durchmesser z. B. entspricht dieser Kehrpunkt einer Last von 600 Pfd.

Kurz Hr. Joule schliefst aus seinen Versuchen, dafs Eisen und Stahl sich in Folge ihrer Magnetisirung verlängern, und dafs diese Verlängerung theils vorübergehend, theils bleibend ist; dafs jeder dieser Theile proportional ist dem Quadrat der Magnetkraft des Stabes; dafs, von einer gewissen Belastung ab, eine Verkürzung stattfindet; dafs diese Verkürzung proportional ist der Intensität des Stroms, multiplicirt mit der magnetischen Intensität des Stabes, und endlich dafs die Verlängerung wahrscheinlich durch anzie-

1) Philosoph. Magazine, Februar, 1847.
2) Philosoph. Magazine, April, 1847.

hende und abstofsende Kräfte der Molecule des Stabes bewirkt wird, während die Verkürzung aus der Anziehung der Drahtrolle auf die magnetischen Molecule entspringt.

Hr. Joule macht bemerklich, wie zart diese Versuche sind und wie viele Vorsichtsmafsregeln er, trotz der Empfindlichkeit dieser Apparate, zu nehmen genöthigt war, und dafs dennoch ein dunkler Punkt übrig blieb. In der That, wenn das Eisen, unabhängig von der mechanischen Wirkung der Drahtrolle auf dasselbe, blofs durch die Magnetisirung eine moleculare Verlängerung erleidet, so begreift man schwer, wie es sein Volum nicht ändert; man wäre alsdann genöthigt anzunehmen, dafs die allgemeinen Gesetze der Elasticität nicht mehr auf das magnetisirte Eisen anwendbar wären.

Die Beobachtungen werden noch schwieriger, wenn es sich um den durchgeleiteten Strom handelt. Indefs hat Hr. Beatson, nachdem er mittelst eines Hebelapparats die von mir mit dem äufseren Strom erhaltenen Resultate bestätigt, einen analogen mechanischen Effect beim durchgeleiteten Strom beobachtet [1]). In diesem letzteren Fall war die Verlängerung deutlich verschieden von der aus der Erwärmung hervorgehenden und sie fand in merklicher Weise nur beim Eisen statt.

Ehe ich zu einer anderen Ordnung von Thatsachen schreite, werde ich noch einige Versuche beibringen, die ich anstellte, um den Einflufs der Magnetisirung auf die Elasticität besser zu studiren.

Als directestes Mittel wandte ich zuvörderst, wie bei den ersten Versuchen, den longitudinalen Zug an. Ein Eisendraht *a* (Fig. 8. Taf. I), der mit einem seiner Enden in den einen von zwei bronzenen Schraubstöcken *b* eines longitudinalen Sonometers eingespannt war, ging durch eine Drahtrolle *c* von 1,80 Met. Länge. Diese Rolle war aus mehr als 1 Millimeter dicken Kupferdraht gebildet, der in zwei Lagen übereinander auf eine Glasröhre gewickelt war.

1) Electr. Magazine, April 1846; *Archives des Sciences physiques et naturelles, T. II. p.* 113.

An dem einen Ende dieser Drahtrolle befand sich das Mikroskop *B*. Der Draht ging frei, ungeklemmt, durch den andern Schraubstock *b'* und war befestigt an einer Schnur, welche über die Rolle *d* ging und die zur Aufnahme von Gewichten bestimmte Schale *e* trug.

Nachdem erstlich eine Last eingelegt worden, um den Draht gerade zu richten und horizontal zu legen, fügte man andere Gewichte hinzu und mafs die elastische Verlängerung mit und ohne Strom, d. h. mit und ohne Magnetisirung.

In der folgenden Tafel bedeuten: *d* der Durchmesser des Drahts, *p* die bleibende Belastung, p_1 die die elastische Verlängerung bewirkende Belastung, und *a* diese Verlängerung.

Verlängerung mit und ohne Magnetisirung.

d	p	p_1	Ohne Magnetis. a	Ohne Magnetis. Mittl.	Mit Magnetis. a	Mit Magnetis. Mittl.	Ohne Magnetis. a	Ohne Magnetis. Mittl.	Mit Magnetis. a	Mit Magnetis. Mittl.
mm.	Kil.	Kil.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
0,956	5	15	1,824 1,808 1,839 1,847 1,838	1,831	1,843 1,815 1,832 1,844 1,853	1,837				
0,956	5	20	2,576 2,546 2,538	2,553	2,588 2,597 2,595	2,593				
2,100	8	60	1,774 1,800 1,800	1,791	1,780 1,764 1,788	1,777	1,786 1,806 1,760	1,784	1,780 1,774 1,776 1,794 1,776	1,780
2,800	27	100	2,002 2,026 2,012 2,024 2,008	2,014	2,038 2,030 2,028 2,030 2,066	2,038	2,026 2,026	2,026		

Diese Versuche zeigen nur äufserst kleine Unterschiede, die wahrscheinlich nach der Lage der Drahtrolle sich im Zeichen ändern, und meistentheils innerhalb der Gränze möglicher Fehler liegen. Sie beweisen, wie die früheren Versuche, dafs die Magnetisirung im ersten Moment keine merkliche Aenderung in der Elasticität des Eisens bewirkt, und dafs sich erst nach einer langen Dauer des Versuchs eine sehr geringe Schwächung bemerklich macht. Dieses Resultat bestätigt sich durch einen sehr leicht anzustellenden Versuch: Wenn der Elasticitätscoëfficient des Eisens

instantan geändert würde, müfste sich der longitudinale Ton ebenfalls merklich ändern. Im Laufe meiner Versuche bestimmte ich vor und nach der Wirkung des Stroms den longitudinalen Ton eines jeden Drahts und Stabes durch Streichen, allein, obwohl die Ströme und demgemäfs die Magnetisirungen oft sehr intensiv waren, habe ich niemals eine Aenderung in dem Tone wahrnehmen können.

Der Elasticitätscoëfficient ändert sich also nicht sogleich, wenigstens nicht im Sinne der Axe der Drahtrolle. Andererseits habe ich bei Wiederholung der Versuche des Hrn. Guillemin ein sehr scharfes und sehr constantes Resultat erhalten. Ein Stab von weichem Eisen, umgeben von einem Schraubendraht, an einem Ende eingespannt und am freien Ende mit einem Gewichte belastet, erleidet im Moment, da der Strom durchgeht, einen sichtbaren Stofs und sein Ende hebt sich um eine sehr kleine Gröfse. Die Versuche wurden mit einer Daniell'schen Säule von 6 Elementen angestellt.

In der folgenden Tafel bezeichnen: L_1 den Abstand des Einspannungspunkts vom Punkt der Belastung; L die gesammte Länge des Stabes; D den Durchmesser desselben P das Gewicht des Stabes mit seinem Schraubendraht; f und f_1 die vor und während der Magnetisirung am freien Ende des Stabes gemessenen Pfeile, dabei ausgegangen von dem Visirpunkt ohne Belastung und ohne Magnetisirung.

Beugung mit und ohne Magnetisirung.

Pfeile unter einer Last von

L_1	0 Kil.		1 Kil.		2 Kil.		3 Kil.		4 Kil.	
mm.	f	f_1	f	f_1	f	f_1	f	f_1	f	f_1
Stab No. 1. $P = 1^k,047$; $D = 11^{mm},7$; $L = 810$.										
700	0,00	— 0,04	8,83	8,77	18,06	17,96	27,42	27,18	44,71	44,46
„	„	— 0,06	8,90	8,77	18,12	17,94	27,45	27,26	44,80	44,51
680	„	— 0,04							41,72	41,56
„	„	— 0,11							41,58	41,30
„	„	— 0,05							41,65	41,38
„									41,31	41,13
„									41,20	41,06
570	„	— 0,12	5,28	5,14	10,20	10,12	15,39	15,20	25,60	25,41
„	„	— 0,06	5,22	5,14	10,24	10,12	15,41	15,20	25,63	25,41
Stab No. 2. $P = 0^k,958$; $D = 12^{mm},2$; $L = 500$.										
	0 Kil.		2 Kil.		5 Kil.		7,5 Kil.		10 Kil.	
400	0,00	— 0,04	2,26	2,18	5,74	5,62	8,84	8,71	12,15	12,00
„	„	— 0,05	2,27	2,18	5,76	5,62	8,85	8,70	12,16	12,00

Diese Tafel zeigt, daſs durch die Magnetisirung immer ein Geradrichten erfolgt; aber dasselbe scheint nicht dem Pfeile proportional zu seyn, wie es seyn müſste, wenn es aus einer Zunahme des Elasticitätscoëfficienten entspränge; überdieſs erfolgt es, wenn das freie Ende noch gar kein Gewicht trägt. Zwar bilden in diesem Fall das Gewicht des Stabes und des Schraubendrahts schon eine auf die ganze Länge des Stabes vertheilte Belastung; allein die durch eine so vertheilte Last erzeugten Biegungen verhalten sich bekanntlich zu den Biegungen, welche durch dieselbe am freien Ende angebrachte Last verursacht wer-

den, wie 3 zu 8. Das Gewicht des Systems kommt also für den Stab No. 1 einer Last von $0^k,393$ gleich, und für den Stab No. 2 einer Last von $0^k,360$, während die Geradrichtungen schon durchschnittlich 0,05 betragen. Für eine Last von 10 Kilogramm z. B. würde man also ein Geradrichten von mehr als 1 Millimeter erhalten, was bei weitem nicht der Fall ist. Vielleicht erklärt sich diese Erscheinung durch die Formveränderungen, welche das Eisen bei der Magnetisirung erleidet; überdiefs ist zu bemerken, dafs das magnetisirte Eisen aufgehört hat ein homogener Körper zu seyn und wahrscheinlich zwei gegeneinander rechtwinkliche Elasticitätsaxen besitzt. Dieser noch sehr dunkle Gegenstand scheint mir also sehr beachtungswerth für die Physiker zu seyn.

Zur Erklärung alles dessen, was die Tonbildung betrifft, genügt es uns, bewiesen zu haben:

Dafs der durch einen Schraubendraht gehende Strom auf den innerhalb desselben befindlichen Eisenstab oder Eisendraht einen mechanischen Zug ausübt, welchen man als die Resultante einer longitudinalen und einer transversalen Componente betrachten kann.

Dafs die transversale Componente, welche bei einer excentrischen Lage des Stabes sehr merklich ist, Null wird, wenn sich derselbe in der Mitte des Schraubendrahts befindet.

Dafs jede Componente proportional ist der Stromstärke und der Eisenmasse; und endlich

Dafs in allen Fällen, sowohl beim äufsern als beim durchgeleiteten Strom, eine im Sinne der Axe wirkende mechanische Kraft vorhanden ist, welche also einen longitudinalen Ton erzeugen mufs, sie mag nun den Stab rasch zu verlängern oder zu verkürzen suchen; der transversale Ton dagegen kann nur durch den äufseren Strom und bei excentrischer Lage des Stabes entstehen.

Wir wollen nun alle Versuche beschreiben, bei welchen wir eine Tonbildung beobachtet haben; man wird sehen, dafs sie sich durch das Vorhergehende leicht erklären.

II. Töne, erzeugt durch den elektrischen Strom.

1. Aeufserer Strom.

Versuche mit Stäben. — Man bedient sich mit Vortheil des schon beschriebenen Apparats (Fig. 5. Taf. I.), indem man ihn, wie in Fig. 9 abgebildet ist, modificirt. Der Stab *a* ist in der Mitte eingespannt, und mit jeder Hälfte in das Innere einer Glasröhre gesteckt, die mit zwei Lagen Kupferdraht bewickelt ist, einer rechts- und einer linksgewundenen. Man leitet den Strom entweder einzeln durch jede Lage oder durch beide, endweise in *h* verbundenen Lagen, so dafs der Effect des Stroms verdoppelt wird; oder auch man verbindet bei einer und derselben Röhre das Ende der einen Lage mit dem Anfang der anderen. Der Strom geht alsdann in beiden Lagen in einerlei Richtung, und da die Effecte gleich und entgegengesetzten Sinnes sind, so müssen sie beinahe einander zerstören. Vereinigt man endlich, wie in *i*, das Ende der einen oder andern Lage der einen Röhre mit dem entsprechenden oder entgegengesetzten Ende der andern Röhre, so kann man auf beiden Hälften des Stabes alle möglichen Combinationen von Strömen hervorbringen.

Die Stützen *d* mit Schrauben und Gabeln dienen dazu, den Stab entweder in die Mitte der Schraubendrähte oder in eine beliebige excentrische Lage zu bringen. Da die Glasröhren nur 90 Centimeter lang sind, während die Stäbe eine Länge von 2 Meter haben, so richtet man es so ein, dafs die beiden Enden des Stabes zu den Röhren herausragen, und befestigt an seinen unteren Flächen zwei dünne Messinghäkchen, welche hier zum Aufzeichnen der Vibrationen dienen, bei Anwendung des durchgeleiteten Stroms aber, wenn sie in Quecksilber getaucht sind, als Leiter benutzt werden. In jedem Fall bestimmt man zuvörderst den longitudinalen Ton des Stabes durch Streichen eines seiner Enden. Hierauf läfst man einen continuirlichen Strom durchgehen und erregt abermals einen Ton in gleicher Weise, um zu sehen, ob derselbe durch die Magnetisirung geän-

dert worden sey; endlich leitet man einen discontinuirlichen Strom durch. Die Unterbrechungen wurden auf verschiedene Weise hervorgebracht, bald durch Oeffnen eines der Verbindungsstücke *h*, bald durch in die Kette eingeschaltete Näpfe mit Quecksilber, bald durch irgend einen Rheotom, der um das Geräusch und die Stöfse seiner Bewegungen zu vermeiden in einem anstofsenden Zimmer aufgestellt war. Diese Versuche gaben folgende Resultate.

Als der Stab in der Mitte der Schraubendrähte befindlich war, blieb der durch Streichen hervorgebrachte longitudinale Ton derselbe mit und ohne Magnetisirung. Im Moment, da man den Strom unterbricht, hört man einen deutlichen und metallischen Ton unabhängig von der Geschwindigkeit, mit welcher die Unterbrechungen auf einander folgen. Dieser Ton ist immer der longitudinale Ton des Stabes, identisch mit dem, welchen man durchs Reiben erhält; nur ist er weniger scharf und scheint bisweilen im Moment der Herstellung des Stroms etwas tiefer zu seyn als im Moment der Unterbrechung desselben. Dieser Unterschied scheint von derselben Ursache herzurühren, wie der in der Intensität der Funken d. h. davon, dafs die Herstellung des Stroms weniger instantan ist als die Unterbrechung.

Aufser dieser Identität der Töne kann man sich noch auf verschiedene Weise überzeugen, dafs die Vibrationen wirklich im Sinne der Axe geschehen. Man stelle z. B. unter die am Ende befestigte Spitze eine mit Kienrufs überzogene Glasplatte, und lasse sie im Moment, da der Strom durchgeht, sanft an dieser Spitze fortgleiten. Die longitudinalen Vibrationen zeichnen sich alsdann so deutlich ab, dafs man sie mittelst des Mikroskops sehen kann. Endlich nahm ich, auf Rath des Hrn. Despretz, vier Stäbe aus gleichem Eisen von 2,0, 1,6, 1,333 und 1 Meter Länge. Diese vier Stäbe gaben successive, wie es seyn mufste, den Grundton, die Terz, die Quinte und die Octave. Man würde also, hätte man sie gleichzeitig ertönen lassen, einen vollkommen deutlichen Accord erhalten.

Der longitudinale Ton ist fast immer begleitet von ei-

nem Stofs und trocknem Geräusch, welches nicht den Charakter eines bestimmten musikalischen Tons hat, und offenbar aus der plötzlich gegen den Einspannungspunkt ausgeübten Kraft entspringt.

Das Resultat bleibt für jegliche Querdimensionen des Stabes sich gleich. Ich habe quadratische Stäbe von 5 und 10 Millm. Seite, cylindrische Stäbe von 10 und 17 Millm. Durchmesser und Blechstreifen von verschiedenen Dimensionen ohne allen Unterschied angewandt.

Stahlstäbe geben gleichfalls sehr schöne Töne. Dagegen geben Stäbe von Zink, Kupfer, Messing, weifsem Krystallglase und blauem durch Kobalt gefärbtem Glase, selbst mit Säulen von 20 Bunsen'schen Elementen, keinen Ton.

Befindet sich der Stab aufserhalb der Axe des Schraubendrahts, so ist der longitudinale Ton weniger rein, und begleitet von Querschwingungen, die schon mit blofsem Auge sichtbar sind; allein diese Schwingungen geben einen so schwachen Transversalton, dafs man ihn nicht anders hören kann, als wenn man das Ohr auf das den Apparat tragende Brett legt.

Ein und derselbe Strom in gleicher Richtung durch die beiden Lagen eines jeden Schraubendrahts geleitet, bringt keinen Ton hervor.

Der Ton bleibt sich gleich, es mag der Strom in gleichem oder entgegengesetztem Sinn die beiden Hälften des Stabes umkreisen, oder endlich nur auf eine dieser Hälften oder irgend einen Theil des Stabes wirken, sobald nur dieser Theil hinlänglich vom Einspannungspunkt entfernt und der Strom hinlänglich stark ist.

Zwei discontinuirliche, gleichgerichtete Ströme bewirken einen stärkeren Ton. Werden zwei Ströme angewandt, ein stetiger und ein unterbrochener, so ist der vom letzteren erzeugte Ton derselbe wie der, welcher sich während des stetigen Stroms durch Reiben hervorbringen läfst.

Versuche mit Drähten. — Die vier Versuche wurden mit dem longitudinalen Sonometer Fig. 8 Taf. I. angestellt. Man nahm die Schale *e* fort, befestigte den Draht an ei-

nen der Wirbel g, gab ihm den beabsichtigten Grad von Spannung und zog den zweiten Schraubstock b' an. Ich wandte 0,5 bis 3,0 Mllm. dicke Drähte von Eisen und Stahl an. Die Resultate stimmten ganz mit den bei Stäben erhaltenen und unterschieden sich nur durch die Verschiedenheiten, welche man durch Abänderung der Spannung erhalten konnte. Sobald die Spannung so stark war, daſs der an dem Draht hinabgeführte Violinbogen nur den Längston, ohne irgend ein anderes Geräusch vernehmen lieſs, war der von dem unterbrochenen Strom erregte Ton auch ganz rein; sowie man aber die Spannung verringert, ist der Längston, sowohl der vom Bogen als der vom Strom erregte, von einem andern Geräusch begleitet. Es ist nicht bloſs der Querton, welcher oft den Längston begleitet, sondern ein ganz eigenthümliches, anscheinend den Draht entlang laufendes Geklirr, so wie andere Arten von schwer bestimmbarem Geräusch, und diese entstehen besonders, so wie die Unterbrechungen und folglich die Stöſse rascher auf einander folgen. Bei dünnen Drähten ist dieses Geräusch schwer zu beobachten, während der Längston, selbst bei schwachen Spannungen, andauert. Wohl angelassene Drähte von 1 Millm. Durchmesser geben im Allgemeinen die besten Resultate.

Der vom unterbrochenen Strom erregte Ton ändert sich nicht, wenn man einen anderen ununterbrochenen Strom in irgend einer relativen Richtung herstellt. Nur ist der Ton etwas weniger klar. Die Magnetisirung wirkt hier als Dämpfer; und da die verschiedenen Theile der Saite durch einen transversalen Zug afficirt werden, so verschwinden die metallischen Geräusche gleichfalls, was zu beweisen scheint, daſs sie aus einem transversalen Hin- und Herwerfen entspringen.

Zwei in gleicher Richtung gehende unterbrochene Ströme addiren ihre Wirkungen; gehen sie aber in entgegengesetzten Sinn, so subtrahiren sich letztere.

Drähte von Blei, Zinn, Zink, Kupfer, Messing, Silber und Platin geben keinen Ton.

Versuche mit Platten. — Eine dicke Blechplatte von 20 Centm. Durchmesser wurde in der Mitte auf einem Gestell befestigt, das sich in eine weite aufrecht stehende Drahtrolle schieben liefs. Dadurch wurde die Platte über der Drahtrolle gehalten, so dicht an deren Ränder als es unbehindert der Schwingungen geschehen konnte. Im Moment, da man den Strom durchleitete, hörte man einen Stofs und ein Gemenge von Tönen, welches den Tönen einer Glocke ähnelte oder den Tönen, die man erhält, wenn man den Umfang so streicht, als wolle man drehende Schwingungen hervorbringen.

Diese Töne erzeugen keine Knotenlinien, sie verändern auch nicht die Anordnung derjenigen, die man durch Bogenstriche erhält; und wenn der Strom stark genug ist, bewirkt der Stofs nur ein Fortschleudern eines Theils des Sandes nach dem Umfang hin.

Ersetzt man die Blechplatte durch eine sehr dünne Weifsblechplatte, so überzeugt man sich leicht, dafs dann nur eine starke und plötzliche Anziehung des Umfangs der Platte gegen die Wände der Drahtrolle stattfindet; man sieht nämlich im Moment der Herstellung des Stroms die Platte sich an ihrem ganzen Umfang krümmen, und im Moment der Unterbrechung wieder aufrichten.

2. Durchgeleitete Ströme.

Versuche mit Stäben. — Für diese Versuche befestigte man einen dünnen Messinghaken an jedem Ende des Stabes (Fig. 9. Taf. I) und tauchte sie, wie die Zuleitungsdrähte, in die Quecksilbernäpfe *m*. Jedesmal, wenn man den Strom herstellte oder unterbrach, hörte man den Längston. Bei diesen Versuchen mufs man sich hüten den eignen Ton des Stabs zu verwechseln mit dem Geräusch des Funkens, welches sich, gleich jedem andern Ton, mit grofser Leichtigkeit durch starre Leiter fortpflanzt. Dieser Fehler wird leicht begangen, besonders wenn der Stab oder Draht auf einem Resonanzkasten befestigt ist.

Bei einem und demselben Strom wird der Ton desto

schwä-

schwächer, je dicker man den Stab nimmt. So giebt, mit einer Säule von 6 Elementen, ein 2 Meter langer und 17 Mllm. dicker Stab nur einen äufserst schwachen Ton.

Bei einem und demselben Stab bleibt der Ton sich gleich; allein er nimmt an Stärke ab, so wie der Strom ihn nicht mehr der ganzen Länge nach, sondern nur zu einem Theile durchläuft. Um diesen Versuch anzustellen befestige man Häkchen an verschiedenen Punkten des Stabes, wie Fig. 10. Taf. I. ersichtlich ist; es reicht hin, dafs diese Häkchen 1 Decimeter von einander entfernt sind, um einen Ton zu hören, besonders wenn das zwischen den Häkchen liegende Stück etwas vom Einspannungspunkt absteht; je mehr der reciproke Abstand dieser Häkchen abnimmt, je schwächer wird der Ton und dieser verschwindet endlich ganz, wenn der Strom den Stab winkelrecht gegen seine Axe durchläuft.

Nähert man andererseits die Häkchen dem Einspannungspunkt, ohne ihren reciproken Abstand zu ändern, so wird der Ton auch schwächer und erlischt endlich ganz.

Dieser Versuch zeigt auf eine schlagende Weise die Analogie zwischen der Wirkung des durchgelassenen Tons und der einer andern mechanischen Kraft z. B. der Reibung. Der erzeugte Ton und die Richtung des Impulses sind dieselben und, wie beim Reiben, genügt es, dafs der Strom auf eine gewisse, von der Mitte hinlänglich entfernte Strecke des Stabs wirke.

Dieser Versuch scheint mir überdiefs zu beweisen, dafs der Ton nicht aus einer durch den Strom erregten eigenthümlichen Art von Schwingungen entsteht, denn diese Schwingungen könnten nur in dem von diesem Strom durchlaufenen Theil statthaben. Die Anzahl von Schwingungen, die in jedem einzelnen Fall dem erzeugten Ton entsprechen, müfsten also im umgekehrten Verhältnifs zu durchlaufenen Länge stehen, während in Wirklichkeit diese Anzahl sich gleich bleibt und der Ton nur seine Stärke ändert.

Wenn man den Stab, statt einzuspannen, auf Rollen

legt, so ist der Ton trockner und schwächer. In diesem Fall, wie in dem vorhergehenden, beobachtet man unter dem Mikroskop keine Verschiebung, keine Anziehung zu einem oder dem andern Pol der Säule. Es giebt dann nur einen instantanen Stofs, welcher die Schwingungen erzeugt. Selbst wenn man auf Quecksilber ein Korkstück schwimmen läfst, welches einen an beiden Enden gekrümmten Eisendraht trägt, bemerkt man keine Fortbewegung.

Taucht man das eine Ende des Stabes in Quecksilber, fast die Mitte an und hält das andere Ende an das Ohr, so sind die longitudinalen Vibrationen vernichtet, allein den Stofs hört man immer.

Berührt man das Ende des auf Rollen liegenden Stabes direct mit dem Zuleitungsdraht, so hört man deutlich das Geklirr, von dem wir schon sprachen; es scheint den Stab entlang zu laufen, ist unabhängig von dessen Durchmesser und verbleibt bisweilen mehre Sekunden nach der Herstellung des Stroms, während der Längston erst im Moment der Unterbrechung wieder erscheint. Diefs Geklirr entsteht besonders, wenn man den Stab mit dem positiven Pol berührt. Es scheint also einem Transport von Materie zugeschrieben werden zu müssen, und wahrscheinlich ist dieser von der Ordnung derjenigen, die Hr. de la Rive [1]) bei seinen Untersuchungen über den Volta'schen Strom beobachtet hat.

Ein Stahlstab läfst denselben Ton und dasselbe Geräusch vernehmen. Stäbe von anderen Metallen geben keinen Ton.

Versuche mit Drähten. — Mit Eisen- oder Stahldrähten von verschiedenem Durchmesser erhält man den longitudinalen Ton sehr rein, wenn sie auf dem Sonometer stark ausgespannt sind; so wie man aber ihre Spannung vermindert, mischen sich dem Längston die schon erwähnten Arten von Geräusch hinzu.

Man kann sich noch durch einen anderen Versuch überzeugen, dafs der Durchgang des Stroms einen wahrhaften

1) *Compt. rend.* 1846. *Avr.* 27. (*T. XXVII. p.* 690.) — S. Ann. Bd. 76. S. 270. P.

Stofs erregt. Man nehme einen langen Eisendraht, dessen beide Enden mit dem Rheotom in ein benachbartes Zimmer gebracht sind. Ein Theil des Drahts sey auf dem Sonometer ausgespannt, der Rest schlaff gelassen. Man bringe hierauf das Ohr an verschiedene Stellen der Drahtleitung und überzeuge sich zuvörderst durch Reiben des einen Drahtendes gegen einen harten Körper, dafs sogar ein stärkeres Geräusch als das der Funken sich nicht durch den Leiter fortpflanzt.

Allein im Moment, da der Strom durchgeht, hört man in allen Theilen der Drahtleitung ein trocknes Geräusch, ein Knistern wie das vom Funken, und dieses verwandelt sich erst in dem ausgespannten Theil in einen deutlichen Ton.

Unter denselben Umständen geben Drähte von andern Metallen keinen Ton.

Mit zwei durchgeleiteten Tönen erhält man dieselben Resultate wie mit einem einzigen, sie mögen nun in Richtung gleich oder entgegengesetzt seyn. Nur in der Intensität zeigt sich ein Unterschied.

Eben so erzeugt ein stetiger Strom, der den Draht durchläuft, keine andere Wirkung, als dafs er den vom unterbrochenen Strom erzeugten Ton etwas tiefer macht.

3. Aeufserer und durchgeleiteter Strom.

a. Unterbrochene, äufsere und durchgeleitete Ströme: sehr starken Längston.

b. Stetiger äufserer und unterbrochener durchgeleiteter Strom: sehr hellen und sehr starken Längston, fast wie der von Stahl, zuweilen begleitet von einem anderen, tieferen Ton.

c. Unterbrochener äufserer und stetiger durchgeleiteter Strom: in Stäben und dicken Drähten bleibt der Ton derselbe, in dünnen Drähten wird er durch den Effect des stetigen Stroms etwas tiefer. Folgen die Unterbrechungen rasch auf einander, so scheinen sogar zwei einander sehr nahe liegende Töne vorhanden zu seyn, was davon her-

rührt, dafs der beim Schliefsen der Kette stehende Strom etwas höher ist, als der dem Oeffnen entsprechende.

Kurzgefafst glaube ich durch diese Untersuchung folgende Sätze dargethan zu haben:

1. Ein Strom, der durch einen Schraubendraht geht, übt auf eine darin befindliche Eisenmasse eine mechanische Anziehung aus, die identisch ist mit der, welche nach Hrn. Arago's Entdeckung ein Leitungsdraht auf Eisenfeilsel ausübt.

2. Diese Anziehung läfst sich betrachten als die Resultante zweier Kräfte, einer longitudinalen und einer transversalen.

3. Die Anziehung ist proportional der Stromstärke und der Eisenmasse.

4. Die longitudinale Componente kann, je nach der Lage des Schraubendrahts, den Eisenstab verlängern oder verkürzen.

5. Die transversalen Componenten, deren mechanisches Aequivalent sich leicht in Gewichten ausdrücken läfst, sobald das Eisen eine excentrische Lage hat, heben sich gegenseitig auf, wenn das Eisen in der Mitte des Schraubendrahts liegt.

6. Der durchgeleitete Strom erzeugt in den eisernen Leiter, den er durchläuft, einen plötzlichen Stofs.

7. Zwischen der Wirkung des Stroms und der einer in gleichem Sinne wirkenden mechanischen Kraft herrscht eine vollständige Analogie.

8. Alle deutlichen Töne, die man in Stäben, Drähten oder Platten von Eisen oder Stahl, entweder mittelst eines einzigen äufsern oder durchgeleiteten Stroms oder mittelst irgend einer Combination dieser beiden Arten von Strömen erregen kann, finden ihre Erklärung in den vorhergehenden Sätzen.

Allein es giebt andere Fragen, die ich hier nur andeuten kann und die hier für die Theorie des Magnetismus grofses Interesse zu haben scheinen; es sind folgende:

Erleidet eine Eisenmasse, unabhängig von der mechanischen Wirkung des Schraubendrahts, durch ihre bloſse Magnetisirung eine Verlängerung?

Magnetisirtes Eisen scheint kein mechanisch homogener Körper mehr zu seyn; wie ist das Verhältniſs und die Lage seiner Elasticitätsaxen?

Auf welche Weise erzeugt ein das Eisen durchlaufender Strom einen mechanischen Stoſs? und geschieht dieser nicht durch gegenseitige Wirkung der winkelrecht auf dem Strom magnetisirten Theilchen?

Von welcher Natur ist das Geklirr, welches zuweilen sowohl mit dem äuſseren als mit dem durchgeleiteten Strom entsteht?

IV *Ueber die Phosphorescenz durch Insolation; von Hrn. Edmund Becquerel.*

(*Ann. de Chim. et de Phys. Ter. III. T. XXII. p.* 244.)

In zwei Abhandlungen, in der *Biblioth. universelle, Août* 1842, und in den *Ann. de chim. et de phys, Ser. III. T. IX. p.* 314, habe ich die Wirkung des Sonnenspectrums auf den Canton'schen und Bononi'schen Phosphor (Schwefelcalcium und Schwefelbarium) studirt. Ich zeigte, daſs man mittelst dieser beiden Substanzen verschiedene Resultate erhält, aber wenigstens zwei Ordnungen von Phänomenen beobachtet, daſs der brechbarste Theil des Spectrums von *H* bis *P* über das Violett hinaus eine sehr lebhafte Phosphorescenz bei den Sulfuren giebt, während der wenigst brechbare Theil von *G* bis *A* und selbst darüber hinaus die durch andere Strahlen erregte Phosphorescenz auslöscht [1]). Ich erkannte, daſs wenn man diese beiden Phosphore gebraucht, die Effecte nicht in denselben Theilen des Spectrums erfolgen, daſs während z. B. beim Canton'schen

1) Eine übrigens schon lange vorher bekannte Thatsache. (P.)

Phosphor jenseits des Violetts im Allgemeinen zwei Lichtmaxima vorhanden sind, man beim Bononi'schen Phosphor, bereitet durch Glühen des bononi'schen Steins (Schwerspaths) in Knochen, nur ein einziges beobachtet. Als ich in diesem Jahre Gelegenheit hatte die Phosphorescenz eines auf verschiedene Weise zubereiteten Schwefelcalciums zu studiren, beobachtete ich fernere Eigenthümlichkeiten, die, ich glaube, die Physiker um so mehr interessiren werden, als das Schwefelcalcium, solchergestalt bereitet, dafs es verschiedenartig leuchtet, in dem Sonnenspectrum verschiedene Erscheinungen zeigt, gleichwie wenn man mit phosphorescirenden Substanzen von verschiedener Natur operirte.

Canton'schen Phosphor kann man bereiten, indem man Austerschalen ungefähr eine Stunde lang in einem irdenen Tiegel weifs glüht; wenn man sie dann, nach dem Erkalten, dem Tageslicht unzerrieben aussetzt, leuchten sie im Dunkeln mit verschiedenen Farben.

Die beiden vorwaltenden Farben sind orangegelb und grün; einige Stücke sind bläulich. Die Austerschalen sind nach dem ersten Glühen bisweilen so leuchtend nicht, als wenn man sie abermals, 15 bis 30 Minuten lang mit Schwefel oder Schwefelkalium (*persulfure*) glüht; alsdann erlangen sie eine sehr grofse phosphorescirende Kraft und gewöhnlich eine solche, dafs sie mit sehr lebhafter grünlicher Farbe leuchten. Bereitet man den Canton'schen Phosphor auf diese Weise, so ist er nothwendig mit Kalk und anderen Substanzen gemengt. Man hat also zu fürchten, dafs die Phosphorescenz sowohl vom Schwefelcalcium als von den beigemengten Substanzen herrühre.

Um dieses Gemenge zu vermeiden, bereite ich das phosphorescirende Sulfur, indem ich Gypskrystalle, umgeben von zerstofsener Kohle, in einem Tiegel rothglühe. Man ist indefs dabei des Resultates niemals sicher; denn entweder ist die Temperatur zu hoch oder zu lange fortgesetzt, und dann ist das Sulfur nicht leuchtend, oder das Feuer ist nicht stark genug, und dann stellt sich derselbe Uebelstand ein. Man mufs sich dann aufs Probiren legen, um

das Maximum der Wirkung zu erhalten. Ich wende also folgende Methode an. In einem Reverberirofen, der mit Holzkohlen geheizt ist (denn Steinkohle oder ein Gemenge von Holzkohle und Coak geben eine zu hohe Temperatur) stellte man gleichzeitig sechs auf dieselbe Weise zubereitete Tiegel neben einander. Ist der Ofen im Gange, so nehme man folgeweise jeden der Tiegel alle 3, 4, 5 oder 10 Minuten heraus, und prüfe, nach dem Erkalten, welcher Tiegel das leuchtendste Sulfur gebe. Auf diese Weise findet man, dafs, nach vollständiger Umwandlung des Sulfats in Sulfur, die Substanz sehr leuchtend ist, wenn die Temperatur nicht zu hoch war. Operirt man indefs mit Krystallen von verschiedenen Gypsproben oder auch mit Stücken zwar von demselben Krystall, aber verschiedenartig calcinirt, so bemerkt man, dafs dieser Sulfure nicht auf gleiche Weise und mit derselben Farbe leuchten, ohne dafs ich bisher die Ursache dieser Verschiedenheit auffinden konnte. Rührt es her von der Gegenwart fremder Substanzen, oder von einem Gemenge mehrer verschiedenartig leuchtender Sulfure oder vielmehr von verschiedenen physischen Umständen einer und derselben Substanz? Diefs habe ich noch nicht entscheiden können; ich werde mich aber noch weiter damit beschäftigen.

Bei Anwendung einer grofsen Anzahl kleiner Lamellen, die von einem schön krystallisirten schwach gelblichen Stück Gyps herstammten, erhielt ich ein Mal, und nur diefs eine Mal, schön blauleuchtende Stücke, während mir zu andern Malen derselbe Gyps, nach Umwandlung in Sulfur, eine sehr lebhafte grüne Phosphorescenz gab. Diefs grüne Licht zeigt sich am häufigsten und ist am lebhaftesten. Mit einem weifsen sehr klaren krystallisirten Gyps erhielt ich bei mehren Zubereitungen ein mit orangegelber Farbe phosphorescirendes Sulfur.

Auf diese Weise konnte ich mir Stücke von Schwefelcalcium verschaffen, die, wie ich wenigstens annehme, mit gleichförmiger Farbe phosphorescirten, die einen blau, die andern grün, die dritten endlich orangegelb. Zu dem Ende zer-

stiefs ich diese Stücke, las die leuchtendsten Brocken unter ihnen aus, und verwandelte sie für sich in sehr feines Pulver. Darauf überzog ich einen Bogen Papier, der auf einem Rahmen oder einer Metallplatte ausgespannt war, mit einer Schicht Gummilösung, und übersiebte diefs Papier mit dem gepülverten Sulfur. Das Pulver blieb am Papiere haften und nach dem Trocknen des Gummi war das Papier überzogen mit Sulfur, welches mit der Farbe der angewandten Stücke phosphorescirte. Auf diese Weise konnte man ziemlich grofse, in homogener Weise leuchtende Flächen darstellen. Es verdient den Vorzug, das Papier auf Flächen von polirtem Kupfer aufzuziehen, denn wenn man die Temperatur dieser Flächen erhöhen will, braucht man nur die Metallplatte zu erwärmen, da sich dann die Wärme rasch und gleichförmig dem Papiere mittheilt.

Der Beweggrund zu dieser Zubereitung ist folgender: Wenn man die Temperatur der phosphorescirenden Substanzen durch Insolation erhöht, werden sie leuchtend; allein sie werden es nur momentan, und verlieren bald die Eigenschaft des Leuchtens; sie erlangen sie erst durch eine abermalige Bestrahlung wieder. Es ist nicht nöthig, dafs man sie unmittelbar vor der Temperatur-Erhöhung den Sonnenstrahlen aussetzt. Ist der Phosphor einmal dem Lichte ausgesetzt und wieder in Dunkelheit gebracht, so verbleibt die unter dem Einflufs der Strahlung erlangte Modification einige Zeit, selbst wenn das Sulfur aufgehört hat bei umgebender Temperatur merklich zu leuchten, und eine nachherige Temperatur-Erhöhung giebt zu einer Licht-Aussendung Anlafs [1]). Mithin sind diese Substanzen nur leuch-

1) Ich habe einige Versuche angestellt, um zu ermitteln, wie lange der Canton'sche Phosphor die Fähigkeit, durch Temperatur-Erhöhung zu leuchten, bewahren könne, wenn er nach vorheriger Bestrahlung ins Dunkle gebracht worden. Die Versuche sind indefs noch nicht vervielfältigt genug, um in dieser Beziehung etwas behaupten zu können. Ich will nur sagen, dafs einige Stücke Canton'schen Phosphors mir nach Verlauf einer gewissen Zeit (anderthalb Monaten) diese Eigenschaft vollständig

tend durch Wärme, nachdem sie dem Lichte ausgesetzt waren, und unter diesem Umstande ist ihr Leuchten desto lebhafter, je plötzlicher und beträchtlicher die Temperatur-Erhöhung ist; denn der Phosphor entsendet sogleich alles Licht, welches er, bei langsamer Temperatur-Erhöhung, in längerer Zeit ausgesandt haben würde. Man mufs dieses Resultat beachten, denn weiterhin wird man einen analogen Effect beim Spectrum sich zeigen sehen.

Diefs gesetzt, wollen wir untersuchen, was geschehe, wenn wir auf die phosphorescirenden Flächen ein Sonnenspectrum fallen lassen, das (wie es in den *Annal. de chim. et de phys. Ser.* 3. *T.* 9. *p.* 317 gezeigt worden)[1]) wohl gereinigt ist und vom Striche *A* des äufsersten Roth bis zum Striche *H* des äufsersten Violett eine Ausdehnung von 10 bis 20 Centimetern umfafst. Wir setzen in dem Folgenden voraus, dafs anfangs die Flächen, bevor sie dem Spectrum ausgesetzt wurden, noch nie das Tageslicht sahen und dafs sie mit phosphorescirenden Sulfur bereitet wurden, welches, nach seinem Rothglühen, noch nicht der Bestrahlung ausgesetzt worden; oder vielmehr, dafs man die Kupferplatte, mit welcher das Papier überzogen worden, eine Viertelstunde lang einer Temperatur von 200 bis 300° ausgesetzt hatte.

Wirft man das Spectrum mit einem Male auf eine so bereitete und mit grün leuchtendem Phosphor (dem phosphorescirendsten Schwefelcalcium, es mag aus Gyps oder Austerschalen bereitet seyn) überzogene Fläche, und öffnet die Augen erst, nachdem die Wirkung des Spectrums

verloren zu haben schienen. Vielleicht bedarf es dazu einer kürzeren Zeit. Diefs ist ein Gegenstand, der mich noch beschäftigt.

1) Nicht p. 317, sondern p. 262 beschreibt der Verf. sein Verfahren zur Darstellung des Spectrums. Er fängt die Sonnenstrahlen mit einem Heliostat auf, läfst sie durch einen Schlitz, dessen Breite von 0,1 bis 2,0 Mllm. veränderlich ist, in ein dunkles Zimmer treten, hier unter dem Winkel des Ablenkungs-Minimum auf ein sehr reines Flintglasprisma von 60° fallen, durch eine dicht hinter dem Prisma aufgestellte achromatische Glaslinse von 1 Meter Brennweite gehen, und endlich 2 Meter von der Linse entfernt auf die zu untersuchende Substanz einwirken. P.

vorüber und die Klappe der dunklen Kammer wieder verschlossen ist, so erblickt man die in der Abhandlung, *Ann. de chim. et de phys. Ser.* 3. *T. IX* beschriebenen und daselbst Taf. IX abgebildeten Erscheinungen. (Siehe Fig. 11 Taf. I. dieses Heftes.) Man erblickt auf der phosphorescirenden Fläche zwei leuchtende Flecke, den einen von *G* fast nach *H* gehend, und den andern zwischen *O* und *P*, etwas rechts und links über diese Linien hinausgehend. Zwischen diesen Flecken ist das Papier dunkel, so gut wie sonst überall. Es hält schwer die Lage dieser Lichtmaxima genau anzugeben, allein angenähert liegt das erstere zwischen *G* und *H*, fast ein Drittel des Abstands *HG* von *H* aus, und das zweite fast in der Mitte von *O* und *P*. Die Gränzen des ersten Flecks oder des minder brechbaren Theils des phosphorogenischen Spectrums sind anscheinend einerseits bei *H*, jenseits des Violetts, und andrerseits, gegen *G*. Die Gränzen des anderen Lichtflecks, wenn die Wirkung recht deutlich ist, sind, einerseits, über *P* hinaus und, andererseits zwischen *M* und *N*. Der Raum *MJ* scheint dunkel zu bleiben. Uebrigens sind diese Gränzen schwer anzugeben, denn wenn die Sulfure sehr phosphorescirend sind, scheinen sich die leuchtenden Stellen weiter auszudehnen. Man sieht also, dafs diese Resultate, welche die Mittel aus mehreren Bestimmungen an verschiedenen Flächen sind, nicht sehr von den Resultaten der oben erwähnten Abhandlung abweichen, es sey denn, dafs der erste leuchtende Fleck *HG* sich mir bei den früheren Versuchen etwas weiter gegen das Indigo zu erstrecken schien. Ich werde auf dieses Resultat zurückkommen, da es mir noch etwas zweifelhaft ist.

Wenn man, statt der Fläche mit dem Ueberzug von grün phosphorescirendem Sulfur, eine mit blau leuchtenden, zuvor erhitztem Sulfur bereitete, anwendet und unter gleichen Umständen in gleicher Weise experimentirt, erhält man die folgenden Resultate. Man sieht, nach der Einwirkung des Spectrums, ebenfalls zwei leuchtende Flecke, aber ihre Lage ist eine andere, oder wenigstens hat der eine

sie geändert. Zwar hat der entferntere sein Maximum zwischen *O* und *P* anscheinend an derselben Stelle und auch die Gränzen scheinen dieselben wie bei dem entsprechenden Fleck auf dem grün leuchtenden Sulfur; allein der minder gebrochene liegt zwischen *H* und *M* und hat sein Maximum jenseits des Violetts, fast ein Drittel des Abstandes *JH* von *J* aus. Die Gränzen dieses letzteren Flecks sind einerseits bei *M* und andererseits ganz dicht bei *H* zwischen *H* und *G*. Dieser erstere Theil des phosphorogenischen Spectrums ist, beim Gebrauche dieses Phosphors, offenbar mehr gebrochen als beim grün leuchtenden Sulfur. Daraus geht hervor, dafs der dunkle Raum zwischen den beiden hellen Flecken schmäler ist beim blauen Phosphor als beim grünen. Das Minimum der Intensität oder die Mitte dieses Raums bei blauem Phosphor scheint also auf der Mitte des Raumes *OJ* zu liegen. Als wichtige Bemerkung mufs ich hinzufügen, dafs bei Anwendung des grün phosphorescirenden Sulfurs die beiden leuchtenden Flecke gleich hell erscheinen, während beim blau phosphorescirenden Sulfur der minder gebrochene Fleck weniger hell erscheint als der andere.

Fängt man endlich das Spectrum mit einer Fläche von orangegelb phosphorescirendem Sulfur auf und zwar unter gleichen Umständen wie zuvor, so sieht man, nach der Bestrahlung, anfangs nur einen einzigen leuchtenden Fleck deutlich; derselbe scheint sein Maximum zwischen *O* und *P* zu haben und beinahe dieselben Gränzen zu besitzen, wie die Flecke in den brechbareren Strahlen auf den grün und blau phosphorescirenden Sulfuren. Beobachtet man aber sorgfältig, so erblickt man bald einen schwachen Schein bei *H*, so dafs also auch hier, wie bei den übrigen Phosphoren, ein zweiter heller Fleck und ein Minimum von Helligkeit zwischen *J* und *O* vorhanden ist. Dieser schwach leuchtende Raum schien mir sich bis gegen *G* zu erstrecken, allein ich bin hinsichtlich dieser Gränzen keineswegs sicher, denn sie sind schwer zu bestimmen, da das ausgesandte Licht in dieser Region weit schwächer ist als in dem

gegen *OP* liegenden Theil und überdiefs diefs Sulfur viel weniger phosphorescirt als die beiden vorhergehenden. Ich mufs hinzufügen, dafs, unter diesen drei Umständen, die hellen Flecke mit den Farben leuchten, welche den auf die Flächen gestrichenen Substanzen eigen sind.

Aus dem Vorhergehenden folgt, dafs das phosphorescirende Schwefelcalcium oder, besser gesagt, der Canton'sche Phosphor, je nach seiner Bereitung oder je nach der Farbe, mit der er leuchtet, nicht in denselben Theilen des Spectrums phosphorescirend wird, d. h. dafs die Ausdehnung des phosphorogenischen Spectrums auf dem Canton'schen Phosphor je nach dessen Zubereitung variirt. Um diese Erscheinungen sichtbar zu machen, ist es nöthig, die Augen wenigstens eine Viertelstunde lang vor dem Beginn des Versuchs im Dunklen zu halten, und überdiefs, ich wiederhole es, ist es gut ein Sulfur anzuwenden, das noch nicht dem Licht ausgesetzt, oder das zuvor erhitzt worden ist. Will man aber die geringsten Spuren der Sonnenwirkung sichtbar machen, so mufs man die phosphorescirende Fläche, unmittelbar nachdem das Spectrums gewirkt hat, im Dunkeln erhitzen; dann leuchtet sie an den Stellen, die von den activen Theilen des Spectrums getroffen wurden.

Untersuchen wir nun, was geschieht, wenn man das Spectrum auf eine Fläche projicirt, auf die schon die Sonnenstrahlen eingewirkt haben. Gesetzt man nehme anfangs das grüne phosphorescirende Sulfur, welches den höchsten Grad von Phosphorescenz darbietet. Läfst man das Spectrum auf das bereits bestrahlte und leuchtende Sulfur einwirken und zwar eine hinlängliche Zeit, (ein oder zwei Minuten z. B.), schliefst dann den Fensterladen und betrachtet abermals die Fläche, so sieht man, dafs es leuchtend geblieben ist, mit Ausnahme einer Portion, die vollständig dunkel geworden.

Diese Portion erstreckt sich fast von *G* bis jenseits des Striches *A* im Roth. Erhitzt man dann die Fläche, so wird sie viel leuchtender an den Stellen, wo sie es schon war, und der dunkle Theil leuchtet gar nicht. Es ist also in

dem minder brechbaren Theil des Spectrums das Sulfur nicht nur erloschen, sondern es hat auch die Fähigkeit, durch Wärme zu leuchten, verloren, und es bedarf einer neuen Bestrahlung mit den brechbareren Strahlen, um ihm diese Eigenschaft wieder zu geben. Das Sulfur ist also, nachdem es diesem Theile des Spectrums ausgesetzt gewesen, in demselben Zustand, wie wenn es, geschützt vor den Sonnenstrahlen, einige Zeit in einer höheren Temperatur erhalten worden wäre.

In den eingangs dieser Note erwähnten beiden Abhandlungen habe ich diese letzteren Resultate angekündigt, indem ich sagte, dafs die Phosphore durch die Bestrahlung zweierlei Erscheinungen zeigten:

1. Wirkungen, herrührend von Strahlen, welche Phosphorescenz erregen.

2. Wirkungen, erzeugt von Strahlen, welche Phosphorescenz zerstören.

Es sind besonders diese zweiten Wirkungen, welche ich in dieser Note studiren wollte, um zu ermitteln, auf welche Weise die Sonnenstrahlen die leuchtenden Sulfure auslöschen.

Wiederholt man den vorhergehenden Versuch und zwar mit einem äufserst empfindlichen und vorher dem Lichte ausgesetzt gewesenen, grün phosphorescirenden Sulfur, es mag nun wirklich leuchten oder nicht wirklich leuchten, aber die ihm von der Bestrahlung eingeprägte Modification bewahren, und man projicirt das Spectrum eine sehr kurze Zeit, einige Sekunden, auf die Fläche desselben, und schliefst darauf die Klappe im Fensterladen, so sieht man nicht nur die ganze Fläche leuchtend bleiben, wenn sie es zuvor war, und die beiden den Gränzen *GH* und *OP* entsprechenden Räume noch mehr leuchten, sondern man erblickt noch ein lebhafteres Licht, vom Blau bis jenseits des Roth, da wo sogleich, nach einer längeren Action, das Licht erloschen wäre. Setzt man die Fläche abermals der Wirkung des Spectrums eine sehr kurze Zeit lang aus, so geschieht dasselbe; allein so wie die Aussetzung eine längere

Zeit dauert, so leuchtet die Fläche nicht mehr von *G* bis jenseits *A*, und wird stark leuchtend nur in *GH* und *OP* da, wo sich die phosphorogenischen Strahlen befinden. Eine noch mehr verlängerte Aussetzung giebt zu einem dunkeln Fleck Anlafs, welcher sich vom leuchtenden Fleck etwa von *G* bis jenseits *A* ausdehnt.

Um diese verschiedene Erscheinungen gut wahrzunehmen, mufs der Beobachter die Augen geschlossen halten, während eine zweite Person das Spectrum auf die phosphorescirende Fläche fallen läfst, und er darf sie nicht eher öffnen als im Moment der Untersuchung des Phosphors, gleich nach dem Schliefsen des Fensterladens. Die vorhergehenden Resultate, die sich an höchst phosphorescirenden Flächen leicht nachweisen lassen, zeigen eine grofse Analogie in der Wirkungsweise der weniger brechbaren Strahlen und der Wärme, um die Phosphorescenz der zuvor den Sonnenstrahlen ausgesetzt gewesenen Sulfure zu vernichten, und diese Zerstörung der unter dem Einflufs der phosphorogenischen Strahlen erlangten Modification geschieht in beiden Fällen nicht ohne dafs die Phosphore Licht aussenden.

Der im rothen Theil des Spectrums bewirkte Effect rührt her von einer eigenthümlichen Wirkung der Strahlen, und keineswegs von der Temperatur-Erhöhung, welche aus den Wärmewirkungen des Spectrums entspringen könnte, denn in dem rothen Raume des Spectrums steigt die Temperatur während der Zeit einer Operation nicht merklich.

Wenn man also blofs beim ersten Blicke stehen bleibt, und das leuchtende Sulfur nur eine sehr kurze Zeit dem Spectrum aussetzt, kann es geschehen, dafs man vom Roth bis jenseits des Violetts einen Schein erblickt, während man, bei hinreichend fortgesetzter Einwirkung, diesen Phosphor nur vom Blau bis jenseits des Violetts leuchten sieht. Daraus geht hervor, dafs die Effecte verschieden sind, je nachdem man mit einer noch dunkeln, aber die durch eine vorherige Bestrahlung erlangte Modification besitzenden phosphorescirenden Fläche experimentirt, oder mit einer gleich-

falls dunkeln, deren Phosphor-Ueberzug aber vorher bis zum Rothglühen erhitzt worden und das Licht erst in dem Moment sah, wo man ihn der Wirkung des Spectrums aussetzte. Im ersten Fall sieht man den Phosphor nicht nur jenseits des Blau leuchten, sondern auch, wenn man ihn eine hinreichende Zeit dem Spectrum ausgesetzt hat, vom Blau bis über das Roth hinaus; während im zweiten Fall das Licht nur in dem brechbarsten Theil des Spectrums sichtbar ist, und keineswegs vom Blau bis über das Roth hinaus. Nach dem Obengesagten ist es leicht, sich diese Erscheinungen zu erklären. Die Fläche, obwohl mit derselben Substanz überzogen, ist nämlich in beiden Fällen nicht in gleichen Zuständen: im ersteren hat sie schon die Wirkung der Bestrahlung erlitten und ist anders modificirt als das Sulfur, welches das Licht noch nicht gesehen hat; in den minder brechbaren Strahlen, wo diese Modification zerstört seyn mufs, wird dann der Phosphor leuchtend, bis er auf denselben Zustand gelangt ist, wie die Fläche beim zweiten Versuch, die nur mit Sulfur überzogen ist, ohne den Eindruck des Lichts empfangen zu haben.

Untersuchen wir nun, welche Gränzen diese Wirkung in dem Spectrum habe, je nachdem das Sulfur auf die vorhin erwähnten verschiedenen Weisen zubereitet worden ist. Mit dem grün phosphorescirenden Sulfur sind die Wirkungen viel deutlicher als bei den übrigen, da es viel leuchtender ist. Die Vernichtung des Lichts scheint anfangs sich bei den Linien *C* und *D* neben dem Orange zu äufsern, darauf breitet der schwarze Fleck sich aus, einerseits nach *G* hin und selbst darüber hinaus, und andererseits in das Roth hinein und selbst darüber hinaus bis zu einem Abstand vom Strich *A*, der wenigstens dem gleich ist, der *A* von *D* trennt. Beim Aufsuchen der Gränze des dunkeln Flecks gegen das Blau hin und der äufsersten Gränze des zwischen *H* und *G* liegenden hellen Flecks, habe ich nicht finden können, dafs diese Gränzen in einigen Fällen vollkommen zusammenfielen, und die Räume, in welchen diese Wirkungen auftreten, schienen einander zu übergreifen.

Ob diefs von den bei diesen Versuchen unvermeidlichen Beobachtungsfehlern herrühre, habe ich nicht entscheiden können; ich begnüge mich anzugeben, was ich beobachtete. Bei dem blau phosphorescirenden Sulfur liegt der Theil des Spectrums, worin die Phosphorescenz zerstört wird, näher bei *H*; denn man weifs nach dem eingangs dieser Note Gesagten, dafs der minder gebrochene Lichtfleck über *H* hinaus zurückgedrängt ist; mithin nimmt der Raum, wo die Phosphorescenz bei diesem Sulfur vernichtet ist, einen Raum ein, der gröfser ist als der sichtbare Raum des Lichtspectrums. Die Gränzen sind: einerseits, wie zuvor gesagt, jenseits *A*, und andererseits bei *H*.

Mit dem gelb leuchtenden Sulfur sind die Effecte fast dieselben, aber schwieriger nachzuweisen, weil es weniger empfänglich ist; allein die Gränze des dunkeln Flecks auf Seite des Violetts schien mir bei der Linie *G* zu liegen.

Zusammengefafst führen die in dieser Note aufgezählten Resultate zu nachstehenden Folgerungen:

Das phosphorescirende Schwefelcalcium oder, besser gesagt, der Canton'sche Phosphor, verschiedenartig zubereitet, so dafs er mit verschiedenen Farben leuchtet, wird zwischen verschiedenen Gränzen des Sonnenspectrums leuchtend. Im Allgemeinen bemerkt man zwei Wirkungsmaxima, von denen eins, das entferntere vom Violett, beinahe dieselbe Lage bei den verschiedenen Präparaten behält. Ob dieses von einem Gemenge mehrer Substanzen, oder von verschiedenen Zuständen einer und derselben Substanz herrühre, habe ich noch nicht entscheiden können.

Im Allgemeinen äufsern die Sonnenstrahlen zwei wohl unterschiedene Einwirkungen auf die Phosphore, namentlich auf das Schwefelcalcium:

1. Hervorrufung einer Phosphorescenz oder solcher Modification, dafs die Substanz, nachdem sie zuvor gewissen Theilen des Spectrums ausgesetzt gewesen ist, leuchtend wird, meistens jenseits des Violetts.

2. Vernichtung der Phosphorescenz oder solche Einwirkung, dafs die durch die ersteren Strahlen erzeugte Modi-

dification zerstört wird, meistens vom Violett an bis jenseits des Roth. Indeſs ist zu bemerken, daſs diese Zerstörung nicht so erfolgt, daſs das zuvor den minder brechbaren activen Strahlen ausgesetzte Sulfur sogleich dunkel wird; vielmehr leuchtet es noch eine Zeit lang und erst dann, wenn es alles Licht ausgesandt hat, welches es aussenden kann, d. h. dasjenige, welches es beim Erhitzen bis zur Rothgluth sichtbar gemacht hätte, ist es nicht mehr leuchtend. Steigert man nun seine Temperatur, so bleibt es dunkel und es kann nur wiederum Licht aussenden, wenn es abermals den brechbareren Strahlen ausgesetzt wird.

Wenn man also eine durch Insolation phosphorescirende Substanz in der Dunkelheit der Wirkung der brechbareren Strahlen aussetzt, so wird sie leuchtend und hört nach kurzer Zeit zu leuchten auf. Allein die Modification, welche sie durch die Bestrahlung erlangt hat, ist damit nicht zerstört, denn eine Temperatur-Erhöhung macht sie abermals leuchtend. Das Licht, welches sie alsdann aussendet, ist nur von kurzer Dauer; bald hernach wird die Substanz wieder dunkel, und wenn die Wärme wiederum Licht aus ihr entwickeln soll, muſs sie abermals den Sonnenstrahlen ausgesetzt werden.

Die Thatsache indeſs, die ich durch diese Notiz eigentlich feststellen wollte, ist folgende: Wenn die phosphorescirende Substanz dergestalt durch die brechbareren Strahlen abgeändert worden ist, daſs sie, obwohl nicht leuchtend in gewöhnlicher Temperatur, es wird im Dunkeln durch Wirkung der Wärme, so wirken die minder brechbaren Strahlen, obwohl sie die Substanz nicht erwärmen, eben so wie die Wärme, veranlassen eine Lichtentwicklung und die phosphorescirende Substanz wird wieder dunkel.

V. *Ueber das farbige photographische Bild des Sonnenspectrums; von Hrn. E. Becquerel.*

(*Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. XXII, p.* 451.)

Im Laufe der Untersuchungen, die ich seit mehren Jahren mit verschiedenen Körpern, die ihren Zustand unter dem Einfluſs des Lichts verändern, unternommen habe, bin ich auf die Beobachtung einer Thatsache geführt worden, die, wie ich glaube, wichtig genug ist, um getrennt von einer Abhandlung, die ich später der Academie vorzulegen gedenke, veröffentlicht zu werden.

Schon mehrere Beobachter haben bemerkt, daſs das Chlorsilber, je nach den Umständen seiner Darstellung oder je nach der Farbe des darauf fallenden Lichtes, verschiedene Farbentöne annimmt. So haben Seebeck und Herschel gesehen, daſs es unter dem Einfluſs rother Strahlen einen rothen Anstrich annimmt. Hr. Herschel, der diese Erscheinungen am besten analysirt hat [1]), beobachtete, daſs das empfindliche Chlorsilberpapier, der Wirkung eines stark concentrirten Spectrums ausgesetzt, eine Färbung annimmt, in welcher das Roth am lebhaftesten ist, aber von einer Farbe, die sich mehr dem Ziegelroth als dem prismatischen Roth nähert. Das Gelb fehlt gänzlich, das Grün ist dunkel und von metallischer Farbe, das Blau noch mehr und geht rasch ins Schwarz über.

Beim Studium dieser Erscheinungen erkannte ich, daſs sie sich an weiſsem, gut gewaschenem Chlorsilber, das mit etwas Gummiwasser auf Papier gestrichen ist, besser beobachten lassen, als an Papier, das erst in ein Chlorid und darauf in salpetersaures Silber getaucht worden, denn das überschüssige Nitrat stört die bei Lichte eintretende Reaction, wie ich weiterhin zeigen werde. Fängt man ein wohlgereinigtes und concentrirtes Sonnenspectrum mit einer mit weiſsem Chlorsilber überzogenen Fläche auf, so beginnt

1) *Athenaeum* 1839, *No.* 621 und *Biblioth. universelle T. XXIII.*

die Wirkung sogleich jenseits des Violetts, in einem zwischen den Strichen *H* und *M* liegenden Raum, der sich nach und nach gegen das Blau und andererseits über das Violett hinaus erstreckt. Wenn man aber statt so zu verfahren, das Spectrum mit einer vom Tageslicht schon bestrahlten und etwas violett gewordenen Fläche auffängt, so wird das Chlorid nicht nur jenseits des Violetts sehr rasch dunkel, sondern es nimmt auch in dem prismatischen Blau einen recht deutlichen bläulichen Farbenton an, entfärbt sich schwach gegen das Gelb hin und geht im Roth in Rosenroth über. Bis dahin schrieb ich die Färbung einer eigenthümlichen Reaction auf das Chlorid zu, vielleicht einer Umänderung des schon gebildeten violetten Subchlorids in metallisches Silber und weifses Chlorid ($Ag_2 Cl = Ag + Ag Cl$) und ich achtete nicht sehr auf die Farben-Coïncidenz, welche macht, dafs das Chlorid rosenroth im Roth und bläulich im prismatischen Blau ist. Als ich aber eine ziemlich grofse Quantität von weifsem, sehr reinem Chlorid dem Tageslicht aussetzte, und zwar unter einem grünen Glase, welches nur den Anfang des Blaus und das Grün des Spectrums durchliefs, erstaunte ich nach vierzehn Tagen zu finden, dafs dieses Chlorid schön blau gefärbt worden, ohne Spur von Violett. Ich gedachte also das Chlorsilber auf alle möglichen Verfahrungsweisen darzustellen und die Wirkung des Spectrums auf diese verschiedenen Präparate sorgfältig zu untersuchen. Ich wurde dabei auch veranlafst, direct vom Chlor angegriffene Silberplatten zu benutzen. Folgendes sind die Resultate, die ich erhielt.

Legt man eine wohl polirte Platte von reinem oder plattirten Silber einige Centimeter oberhalb einer Schicht Chlorwasser, so nimmt sie nach einigen Minuten, in Folge der Bildung von Chlorsilber, einen weifslichen Farbenton an, und projicirt man nun ein stark concentrirtes Sonnenspectrum von einigen Centimetern Länge auf dieselbe, so erhält man bald einen photographischen Eindruck, welcher den ganzen sichtbaren Theil des Spectrums einnimmt. Das Merkwürdige dabei ist, dafs die Wirkung beim Orange

6 *

anfängt, bei dem Theil, wo das Licht die meiste Intensität hat, und dafs der Eindruck sich wie das Spectrum färbt. Die vom prismatischen Roth getroffene Portion der Platte ist röthlich, am äufsersten Roth und selbst über den Strich *A* hinaus, ins Purpurne fallend. Das Orange ist deutlich zu unterscheiden, und bei *D* geht das Bild ins Grüne über, nachdem es eine leicht gelbliche Farbe angenommen hat; das Grün ist recht deutlich bis gegen den Strich *F*, wo der photographische Eindruck blau zu werden beginnt; diese Farbe geht bei *G* ins Violette über und diefs Violett hält sogar bis über *H* an, wo es allmälig schwächer wird. Das Spectrum scheint sich also hienach mit analogen Farben wie die seinigen auf die Platte abzumalen. Läfst man die Wirkung fortdauern, so dunkeln die Farben und nach einer oder zwei Stunden, je nach der Intensität des Spectrums, nimmt endlich das Bild einen metallischen Glanz an und die Farben sind verschwunden.

Verfährt man wie eben gesagt, so wird die silberne oder plattirte Platte nicht recht gleichförmig vom Chlor angegriffen. Um eine gleichförmigere Schicht zu bekommen, mufs man die Platte in Chlorwasser tauchen, so dafs der Eindruck nur sehr kurze Zeit dauert; dann wäscht und spült man die Platte ab. Gewöhnlich reicht eine einzige Eintauchung nicht hin, eine empfindliche Schicht zu bekommen, die ein gut gefärbtes prismatisches Bild aufzunehmen vermag; man mufs diese Eintauchung ein oder zwei Mal wiederholen, so dafs die Platte eine weifsliche, kaum rosenrothe Farbe erhält. Wiederholt man die Eintauchungen oder läfst man die Platte einige Zeit im Chlorwasser verweilen, so nimmt sie in Folge der Dicke, welche die auf ihr gebildete empfindliche Schicht erlangt hat, verschiedene Nüancen an. Läfst man dann das Spectrum wirken, so erhält man verschiedenartige Resultate, obgleich die allgemeinen Effecte der Färbung dieselben sind. Bald ist es das Roth, welches in dem photographischen Bilde vorwaltet, bald das Grün, bald das Blau; allein immer ist es im ersten Moment, wo sie zu erscheinen beginnen, dafs die

auf den Platten erhaltenen Farben sich am meisten den der entsprechenden Theile des Lichtspectrums nähern.

Ich habe eine grofse Anzahl von Platten zubereitet und viele Versuche angestellt, mufs aber sagen, dafs es sehr schwierig ist ohne einiges Probiren die weifsliche Schicht zu treffen, welche alle Nüancen des Lichtspectrums wiedergiebt. Ich hoffe, nach Anstellung anderer Versuche, eine sicherere Darstellungsweise angeben zu können, als die vorstehenden sind, um sogleich und auf einem Schlag eine Platte zu erhalten, welche ein sehr schönes photographisches Farbenbild giebt. (Siehe die Note S. 86.) Uebrigens lassen sich aus dem bisher erlangten Resultate nachstehende Folgerungen ziehen. Wenn die durch Eintauchung der Platte im Chlorwasser erzeugte empfindliche Schicht nicht sehr dick ist und eine weifsliche oder rosenrothe Farbe hat, sind die Nüancen des photographischen Bildes ziemlich schön. Läfst man die Platten 15 bis 30 Sekunden und selbst länger in der Flüssigkeit verweilen, so werden sie rasch vom Spectrum ergriffen, allein das entstandene Bild hat eine allgemeine grünliche oder bläuliche Farbe, die, indem sie sich mit den Farbentönen mischt, diese vollständig verstecken kann. Ich mufs hinzufügen, dafs das Maximum der Wirkung sich in dem Gelb befindet (also am Orte des Maximums der Lichtstärke) oder vielmehr gegen das Roth hinaufrückt. Die Farbe, welche in den nach den vorstehenden Methoden erhaltenen Bildern am wenigsten hervortritt, ist das Gelb. Man kann indefs photographische Bilder erlangen, die es mit grofser Deutlichkeit geben. Dazu genügt es, eine wohl zubereitete Platte unter ein dunkelrothes Glas oder besser unter eine Combination von einem rothen und kobaltblauen Glase (welche Combination nur das äufserste Roth des Spectrums giebt) zu legen und mehre Stunden lang vom Tageslicht bestrahlen zu lassen; projicirt man dann ein Sonnenspectrum auf dieselbe, so malen sich Orange, Gelb, Grün und Blau klar und deutlich in den Theilen, welche denselben Farben des Spectrums entsprechen. Hiebei nimmt das äufserste Roth eine sehr dunkle

Purpurfarbe an, die sich über das sichtbare Roth hinaus fortsetzt.

Das folgende Resultat scheint mir gleichfalls unter physikalischem Gesichtspunkt merkwürdig genug, um hier erwähnt zu werden. Die meisten der wie vorhin gesagt zubereiteten Platten färben sich, nach Ablauf einer mehr oder weniger beträchtlichen Zeit, violett im weifsen Licht; allein eine Platte, auf welcher die empfindliche Schicht eine dem Newton'schen Roth zweiter Ordnung entsprechende Dicke besafs, zeigte die sonderbare Erscheinung, dafs sie unter dem Einflufs des weifsen Lichts einen helleren, aber mit dem Grunde der Platte gleichgefärbten Eindruck annahm.

Es giebt ein anderes Mittel, mit Sicherheit eine Platte zuzubereiten, die im weifsen Licht einen positiven Eindruck annimmt; es besteht darin, dafs man sie, statt in Chlorwasser, in eine Lösung von Kupferchlorid taucht. (Zur Darstellung dieser Lösung löst man 100 Grm. schwefelsaures Kupferoxyd und 300 Grm. Kochsalz in 1 Liter Wasser auf.) Die Platte nimmt sogleich ein weifsliches Violett an, und nachdem sie gewaschen und getrocknet ist, giebt sie rasch im weifsen Lichte ein weifses, und im Spectrum ein farbiges photographisches Bild [1]).

Ich will noch den folgenden Versuch anführen, welcher sehr leicht zu wiederholen ist und welcher zeigt, dafs eine chemisch eindrucksfähige Substanz eine Farbe annimmt, die

1) Seit der Veröffentlichung dieser Notiz habe ich meine Versuche fortge- und bin dahin gelangt, beständig sehr schöne photographische Bilder zu erzeugen, indem ich die empfindlichen Schichten dadurch bereitete, dafs ich plattirte Silberplatten in verdünnter Chlorwassersäure als positiven Pol einer Säule anwandte. Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man die Platten blofs in die erwähnte, aber in gewissem Verhältnisse verdünnte Lösung von Kupferchlorid taucht. Ich will der Abhandlung nicht vorgreifen, welche ich späterhin veröffentlichen werde und in welcher man alle bisher von mir beobachteten Thatsachen auseinandergesetzt findet, so wie auch den Vergleich der Farben photographischer Bilder mit denen der entsprechenden Theile des Lichtspectrums. Allein ich mufs sagen, dafs, wenn man von den oben angegebenen Resultaten ausgehen will, um Bilder mit ihren Farben in der *Camera obscura* zu erlangen, man sich immer leiten lassen mufs von den Farbeneindrücken des

an die des darauf einfallenden Lichtes erinnert. Taucht man eine wohl polirte Silberplatte in die oben erwähnte Auflösung von Kupferchlorid, verdünnt mit 2 Vol. Wasser und 1 Vol. Salzwasser, so nimmt dieselbe bald eine dunkelviolette Farbe an. Legt man, nachdem sie getrocknet ist, einen colorirten Kupferstich auf dieselbe, so dafs die Zeichnung mit der präparirten Fläche in Berührung steht, und setzt das Ganze 24 Stunden und länger dem Tageslicht aus, so wirkt das Licht durch das Papier hin auf die Platte und man findet auf dieser eine Abbildung des Kupferstichs, in welcher gewisse Farben mit ähnlichen Farben wiedererscheinen. Allein man erhält hiedurch nicht alle Farben, und überdiefs sind sie nicht sehr lebhaft; man mufs die Platte unter einer gewissen Neigung betrachten, um den Effect wahrzunehmen. Alle diese photographischen Bilder erlangen Glanz, wenn man sie mit irgend einem Firnifs überzieht.

Hiernach sieht man, dafs die auf Silberplatten erhaltene Wirkung viel merkwürdiger ist, als wenn man gefälltes weifses und schwach bestrahltes Chlorid anwendet. Denn statt röthlicher und bläulicher Farben, die im letzteren Fall alleinig sichtbar sind, kann man auf Metallplatten alle Farben des Spectrums erhalten, die den Farben der darauf einfallenden Strahlen entsprechen.

Ich glaube, dafs die durch directe Einwirkung des Chlors auf der Oberfläche des metallischen Silbers gebildete Verbindung ein eigenthümliches Chlorid ist, vielleicht violettes Subchlorid oder ein Gemenge von Chlorid und Subchlorid. Bestärkt in dieser Ansicht sehe ich mich dadurch, dafs eine so zubereitete Fläche, ein oder zwei Stunden lang in Ammoniakgas gebracht, eine weifsliche Farbe annimmt und alsdann vom Spectrum erst jenseits des Violett

Spectrums; denn je nach den Präparaten beobachtet man jenseits des Violett und Roth, aufser den Gränzen des Lichtspectrums, besondere Farbenwirkungen, welche die Darstellung dieser Bilder auffallend stören könnten. Mit Hülfe von Schirmen verschiedenartiger Natur kann man die Strahlen absorbiren, die diese Reactionen erzeugen.

verändert wird, wie das weifse Chlorid. Es erfolgt hierbei dieselbe Umwandlung, wie wenn man das Subchlorid mit Ammoniak behandelt, wobei es zerlegt wird, in Chlorid, das sich löst, und in metallisches Silber, das zurückbleibt.

Der prismatisch gefärbte Eindruck auf den Silberplatten scheint sich im Dunklen halten zu müssen; allein er verändert sich im Lichte und bisjetzt habe ich kein Mittel auffinden können, ihm Haltbarkeit zu geben. Ammoniak, unterschwefligsaures Natron und alle Lösemittel des Chlorids zerstören ihn, und hinterlassen auf der Oberfläche der Platte nur eine Spur metallischen Silbers von gleichförmiger Farbe. Die geringe Dauerhaftigkeit der Farben und die Schwäche des Lichteindrucks zeigen, dafs man bisjetzt nicht daran denken kann, sich dieser Substanz in der *Camera obscura* zur Anfertigung von Bildern mit den natürlichen Farben zu bedienen; allein dieser Note zufolge begreift man, dafs die Lösung dieser Aufgabe möglich sey.

Ich mufs hier bemerken, dafs das Chlorid, welches mittelst directen Angriffs des Silbers durch Chlor oder Chloride gebildet worden, das einzige ist, welches bisher die Eigenschaft gezeigt hat, die Farben des Sonnenspectrums wieder zu geben. Das unter gleichen Umständen erzeugte Bromid gab mir kein befriedigendes Resultat, obwohl das Brom, wie das Chlor, sich zum Silber nicht so verhält wie das Jod, und wahrscheinlich nur ein Subbromid bildet, analog dem Subchlorid, welches, wie ich vermuthe, auf die Metallplatte abgesetzt wird. Uebrigens werde ich in der künftigen Abhandlung hierauf zurückkommen.

Wie ist nun die wahrhaft erstaunliche Thatsache eines photographischen Abdrucks des Sonnenspectrums mit ähnlichen Farben wie die seinigen zu erklären? Ich weifs es nicht, und wenn es ein Zufall ist, der macht, dafs die oben beschriebene Verbindung mehre chemische Reactionen unter dem Einflufs des Spectrums erleidet, so ist es wirklich aufserordentlich, dafs ein Verein von solchen Zufällen statt hat, dafs das prismatische Roth eine rothe Farbe, das Gelb

eine gelbe, das Grün eine grüne, das Blau eine blaue, und, in einigen Fällen, das Weifs eine weifse giebt! Könnte es nicht seyn, dafs das Licht, wenn es anfängt auf gewisse Substanzen chemisch einzuwirken, seine eigene Farbe diesen Substanzen einprägte und erst darauf die späteren chemischen Veränderungen diesen ersten Effect modificirten. Die Coïncidenzen, die man bei Pflanzenfarben beobachtet, unterstützen diese Vermuthung. In der That die grüne Substanz der Pflanzen wird erzeugt unter dem Einflufs gelber und grüner Strahlen, und da überdiefs, wie aus den Versuchen des Hrn. Herschel hervorgeht, die Pflanzenfarben im Allgemeinen vorzüglich durch diejenigen Strahlen zerstört werden, deren Farbe die complementare von den ihrigen ist, so ist es möglich, dafs die Strahlen, welche diese Pflanzenfarben hervorrufen, wenn dieselben vom Lichte erzeugt werden, ihnen ihre eigene Farbe einprägen. Ich spreche jedoch diese Vermuthung nur mit vielem Rückhalt aus, da sich hier ohne Erfahrung nichts behaupten läfst.

VI. *Ueber die Formen und einige optische Eigenschaften der Magnesium-Platin-Cyanüre; von W. Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem ersten Hefte des Jahrganges 1849 der Sitzungsberichte d. K. Acad. der Wissenschaften zu Wien.)

Hr. Prof. Schrötter hatte eben einige schöne Krystalle der Verbindungen von Cyan-Platin mit Cyan-Basen in seinem Laboratorio dargestellt, und dabei zweierlei Krystalle von dem Magnesium-Platin-Cyanür erhalten, die sich auffallend durch ihre Körperfarbe sowohl als durch die Art der metallischen Oberflächenfarben unterscheiden.

Die eine davon hatte ich an Krystallen untersucht, die ich Hrn. Prof. Redtenbacher verdanke, und zwar schon

am 4. Mai 1846 [1]) beschrieben. Ihre aufserordentliche Schönheit und die Merkwürdigkeit ihrer Farbenvertheilung bilden den glänzenden Anfangspunkt einer Reihe von Untersuchungen, die sich immer ausdehnt, und aus der ich schon mehrmals der hochverehrten Classe einzelne Abschnitte vorzulegen die Ehre hatte. Nur einige der beschriebenen Eigenschaften mögen hier kürzlich erwähnt werden.

Ihre Form gehört dem pyramidalen Systeme an. Die Krystalle sind quadratische Prismen in Combination mit einer diagonal gestellten Pyramide von 126° 21′ an der Axenkante und 79° 18′ an der Base.

Ihre Durchsichtigkeitsfarbe ist schön karminroth. Durch die dichroskopische Loupe wird jedoch die Farbe bei dünnen Krystallen deutlich getheilt. Der in der Richtung der Axe polarisirte Ton ist mehr karmesinroth, während der senkrecht auf die Axe polarisirte durch den Gegensatz weniger bläulich erscheint.

Sie zeigen einen senkrecht auf die Axe polarisirten metallich-grünen prachtvollen Flächenschiller auf den Seitenflächen der Prismen. Auf den Basen, so wie auf den Seitenflächen gleichzeitig mit dem Grün, aber ganz unabhängig davon, endlich auch mit einem Polirstahle geglättet, erscheint ein herrliches Lasurblau in allen Azimuten senkrecht auf der Einfallsebene polarisirt.

Hr. Dr. Quadrat hatte diese Krystalle in Hrn. Prof. Redtenbacher's Laboratorio zuerst dargestellt und für ihr Mischungsverhältnifs die Formel $Cy_{11}\ Pt_5\ Mg_6$ angenommen.

In einer Mittheilung vom 16. Februar 1847 bemerkt Redtenbacher: „Sättigt man den Platincyanwasserstoff mit einer Base, so entstehen Salze von viel einfacherer Formel $= PtCy + CyM$ (M bedeutet die Base). Daraus folgt, dafs die früher untersuchten Salze des Hrn. Qua-

1) Berichte über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaft in Wien I, S. 3. Naturwissenschaftliche Abhandlungen I, S. 148. (Ann. Bd. 68, S. 302.)

drat, Cy_{11} Pt_5 M_6 so zu schreiben sind = 5(PtCy + MCy) + CyM" ferner: „Das beiliegende Uhrglas mit den rothgrünen Krystallen ist das neue einfach zusammengesetzte Magnesiasalz = PtCy + MgCy. Die daran vorkommenden Farben sind analog denen des zusammengesetzteren Magnesiasalzes = 5(PtCy + MgCy) + MgCy, welches ich Ihnen vor einem Jahre schickte, doch ist darin (in dem neuen Salze) viel weniger Blau, daher das Roth mehr Gelb hervortreten läfst. Es wird mich sehr interessiren, Ihre optischen Bemerkungen über diese Salze zu hören".

Als ich die Krystalle untersuchte, fand ich jedoch gar keinen optischen Unterschied von dem früher untersuchten Salze, den nämlichen orientirten grünen Flächenschiller, die nämliche allgemeine lasurblaue Oberflächenfarbe, so wie auch die ganz gleiche aus dem Karminrothen in dünnen Krystallen in das Karmesinrothe sich neigende Körperfarbe, die also allerdings einen bläulichen Ton zeigte. Dieser Widerspruch des Ergebnisses meiner eigenen Untersuchung mit der Angabe eines so anerkannt trefflichen Forschers und genauen Beobachters, wie Redtenbacher, war mir damals sehr kränkend, ich wufste keine Ursache aufzusuchen, der er zugeschrieben werden konnte. Aber um desto fester blieb mir die Thatsache selbst im Gedächtnisse.

Vor acht Tagen lud mich Hr. Prof. Schrötter ein, die von ihm dargestellten Platin-Cyanüre, die eben krystallisirten, zu besehen, und darunter auch zwei Magnesium-Platin-Cyanüre, wovon das eine gar nicht den grünen, sondern einen herrlichen blauen Lichtschein als Oberflächenfarbe zurückwarf. Nun erinnerte ich mich wieder der Angabe Redtenbachers, und verglich dann neuerdings die oben mitgetheilte Stelle seines Briefes. Die Untersuchung des von Hrn. Prof. Schrötter freundlichst mitgetheilten Salzes stellt nun gänzlich die Verschiedenheit auch in optischer Beziehung her, die zuerst scheinbar nicht stattgefunden hatte.

Hrn. Prof. Schrötter's neues Salz bildet garbenförmige Büschel ganz kleiner nadelförmiger Krystalle. Bei ge-

nauer Betrachtung weichen sie auch in der Form von dem pyramidalen Salze ab. Eine Messung, die ich anstellte, gab, obwohl wegen der überaus kleinen Krystalle, die keine deutlichen Spiegelbilder mehr geben, nicht ganz zuverlässig für den Querschnitt des sechsseitigen Prismas, welches sie zeigen, zwei Winkel von 127° 40′ und vier Winkel von 116° 10′. Die Combination kann also betrachtet werden als ein Prisma $\infty O = 127° 40'$ mit der kurzen Diagonale oder Längsfläche $\infty \breve{D}$. Der gröfseren Einfachheit wegen ist das orthotype System angenommen, weil die in der Richtung der Axe in der That vorkommenden glatten Begränzungsflächen doch der Kleinheit der Krystalle wegen nicht hinlänglich studirt werden konnten. Möglich; dafs die Krystallform in das augitische Krystallsystem gehört.

Die Körperfarbe der Krystalle ist ein hohes Morgenroth, sehr ähnlich der Farbe des bekannten krystallisirten chromsauren Bleies, das Pulver ist noch etwas heller, an Orangegelb gränzend, aber allerdings ganz ohne Neigung in das Blaue. Auch wenn man die Krystalle im durchfallenden Lichte durch die dichroskopische Loupe untersucht, zeigen beide Bilder vollkommen gleich, keine Spur von blauem Ton, eine Bemerkung, die namentlich mit Redtenbacher's Angabe übereinstimmt.

Ausgezeichnet schön ist dagegen das hohe Lasurblau der Oberfläche, welches die Seitenflächen des sechsseitigen Prismas zurückwerfen, und das wie bei dem Baryum-Platin-Cyanür senkrecht gegen die Axe der Prismen polarisirt ist. Es erscheint auch auf dem mit dem Polirstahle zusammengedrückten Pulver, aber dann sieht man es in jedem Azimut senkrecht auf der Einfallsebene polarisirt.

An den feinen Krystallbüscheln des morgenrothen Salzes mit dem blauen Lichtschein, welche ich von Hrn. Prof. Schrötter erhielt, bemerkte ich indessen noch eine Eigenthümlichkeit, die wohl bezeichnet zu werden verdient. Es waren zwischen den sechsseitigen Nadeln die dicken vierseitigen Prismen des karminrothen Salzes hin und wie-

der eingewachsen, die durch ihren grasgrünen Metallschiller lebhaft aus den andern herausblitzten. Aber wenn man den blauen Oberflächenschiller im untern extraordinären Bilde an manchen der Krystallnadeln aufsuchte, fand sich hin und wieder ebenfalls ein grüner metallischer Schiller, der gleichfalls senkrecht auf die Axe der Prismen orientirt war, und zwar erschien er dann auf sämmtlichen sechs Flächen des Prismas. Die sechsseitigen, morgenrothen, blauschillernden Krystalle waren also auf allen Flächen mit einer Haut von karminrothen, grünschillernden überzogen, und zwar bei vollkommenem Axenparallelismus. Man kann diese Erscheinung nur einer Pseudomorphose zuschreiben, einer Umbildung im Innern der Krystalltheilchen selbst, die ja hier bei den zwei Species ohnediefs so sehr genähert sind.

Es sey mir erlaubt, Herrn Prof. Schrötter auf das angelegentlichste einzuladen, seine Arbeiten über diese schönen Verbindungen ja in einem gröfseren Maafstabe, als man dergleichen gern in chemischen Laboratorien zu unternehmen gewohnt ist, auszudehnen. Wenn auch Hr. Prof. Redtenbacher und Hr. Dr. Quadrat den Anfang machten, die dem schönen Kalium-Platin-Cyanüre Gmelin's analogen Verbindung weiter zu verfolgen, und bei dem weiten Felde, das für Entdeckungen in der Chemie offen ist, ein Chemiker nicht absichtlich gerade das — ich möchte sagen — Ehrenrevier des andern auszubeuten vorzieht, so sollte doch hier eine andere Betrachtung vorwalten. Es gilt nebst den chemischen Beziehungen auch den physikalischen und mathematischen Eigenschaften, besonders den Beziehungen so auffallender und prachtvoller optischer Verhältnisse unter einander und zu den Krystallformen. Hier erscheinen eine Menge gleichartiger Mischungsverhältnisse, man kann eine Anzahl *isomorpher* Krystallspecies erwarten, aber sie sind noch nicht vollständig beschrieben. Man kann eine grofse Anzahl Krystalle erwarten, mit orientirtem Flächenschiller, aber auch mit beständigen, in jedem Azimut senkrecht auf der Einfallsebene polarisirten Oberflächenfarben. Sie sind noch zu untersuchen. Sie

versprechen aber den Anfang zu einer Aneinanderreihung *isoptrischer* Verbindungen eben so wie sie *isomorphe* sind, die sich späterhin auch über jene Species verbreiten werden, woran die einzelnen Eigenschaften nicht so durch glänzende Farbenverhältnisse anreizend sind, als gerade bei diesen Verbindungen. Mit der *Isomorphie*, der Analogie der Formen bei gleichen Mischungsverhältnissen mufs die *Isoptrik*, die Analogie der optischen Verhältnisse bei isomorphen Krystallen gleichen Schritt halten.

VII. *Ueber den Antigorit; von W. Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem dritten Hefte der Sitzungsberichte der K. Acad. d. Wissenschaften.)

Die Quelle sämmtlicher in den mineralogischen Werken enthaltener Angaben über den Antigorit ist die Abhandlung Hrn. Eduard Schweizer's [1]), dem Hr. David Friedrich Wiser in Zürich das Material zur chemischen Analyse aus seiner schönen Sammlung mitgetheilt hat. Hr. Wiser hatte selbst die mineralogische Charakteristik entworfen, die Löthrohrversuche angestellt, die Nachrichten des Bauers, von dem er das fünf Zoll lange, zwei Zoll und zwei Linien dicke Stück erkaufte, über das Vorkommen im Antigoriothale, mitgetheilt, und Hr. Schweizer hatte die chemische Analyse vollendet. Nach den Angaben, welche daselbst verzeichnet sind, betrachtete ich den Antigorit als ein dünnschiefriges Mineral, dessen Mischung der des Serpentins so sehr genähert ist, der Ansicht des Verfassers und aller Mineralogen beipflichtend, und stellte ihn in die Ordnung der Steatite [2]). Hrn. Wiser's zuvorkommende Güte, der, von Hrn. v. Morlot veranlafst, durch Hrn.

1) Pogg. Ann. Bd. 49, S. 595.

2) Handb. S. 516.

Werdmüller von Elgg mir eine Platte des merkwürdigen Minerals freundlichst übersandte, verdanke ich die Gelegenheit, einige Eigenschaften desselben näher prüfen zu können, die in mehr als einer Beziehung nicht ohne Wichtigkeit sind.

Ich war gerade mit der Frage beschäftigt, wie man es anfangen sollte, künstlich ein dem natürlich vorkommenden Dichroismus ähnliches Verhältniſs hervorzubringen. Fresnel hatte durch Druck in amorphem Glase wahre doppelte Strahlenbrechung hervorgebracht. Gewiſs findet eine groſse Verschiedenheit der Spannung in der Richtung der Glimmer- oder Chloritblättchen und senkrecht darauf in den Krystallen derselben Statt, und sie sind von Dichroismus begleitet. Es konnte bei der groſsen Leichtigkeit, mit der der schiefrige Bruch am Antigorit erhalten wird, wenn man es auch nicht eigentlich Theilbarkeit nennen kann, weil die erhaltenen Flächen kein deutliches Bild der Gegenstände zurückwerfen, doch leicht die Frage entstehen, ob das Verhältniſs eines höheren Grades von Durchsichtigkeit in der Richtung der Schiefer, und eines geringern senkrecht auf denselben nicht auch hier Statt fände, wobei an der Stelle der Krystallisation nur die eigenthümliche schiefrige Structur wirken würde, bei der doch die Theilchen in der Richtung der Blätter anders als senkrecht auf denselben verbunden seyn müssen. Die Untersuchung des Antigorites auf den Dichroismus kann also nicht als ganz unbegründet bezeichnet werden, obwohl er nicht als ein krystallisirter Körper erschien.

Das Resultat der Untersuchung war aber vollkommen befriedigend; bei der gewöhnlichen Stellung der dichroskopischen Loupe, und einer horizontalen Stellung der Antigoritplatten, so daſs die Schieferfläche horizontal war, erschien das obere Bild *O* dunkel lauchgrün, das untere Bild *E* deutlich heller, und mit einer Neigung in das Leberbraune. Es sind dieſs genau die Farben der Chlorite, nur daſs diese reiner ausfallen. Man kann den erwähnten Dichroismus sehr leicht an zufällig vorkommenden scharfwink-

ligen Ecksplittern beobachten, besonders, wenn man sie gegen einen dunklen Grund hält, und das Helle durch sie wie durch ein Prisma hindurch gebrochen, betrachtet. Der *Antigorit* ist also *dichromatisch*.

Es war nun sehr natürlich weiter zu forschen. Eine Antigoritplatte erscheint wegen des splittrigen Bruches an der Oberfläche nur wenig vollkommen durchscheinend. Wird sie befeuchtet, so nimmt der Durchsichtigkeitsgrad zu. Eine Platte auf beiden Seiten mit Schmirgel auf einer Glasplatte fein abgeschliffen, auf Leder mit Eisenoxyd polirt, und dann mit Canadabalsam zwischen zwei Glasplatten eingeschlossen, war aber so durchsichtig wie Krystall (auch Wiser sagt: „in ganz dünnen Blättchen durchsichtig"), wenn auch natürlich mit grüner Farbe. Ich betrachtete nun Flächen polarisirten Lichtes durch diese Platten. Die gelben Polarisationsbüschel wurden deutlich mit doppelter Winkelgeschwindigkeit bei Azimutaldrehungen der Platte herumgeführt. Der Antigorit erschien also als ein *regelmäfsig krystallisirter Körper*, und zwar, nicht als ein einaxiger, sondern als ein zweiaxiger. Es gelang bald durch die Lage der Büschel die Richtung der Elasticitätsaxen in den Platten zu bestimmen, wobei angenommen wurde, dafs die dritte dieser Axen senkrecht auf der Ebene der Platten steht.

Nun fehlte aber noch die Nachweisung der Axen. Mit den einaxigen Krystallen der Chlorite u. s. w. verglichen, mit deren Dichroismus die Farbentöne des Antigorits übereinstimmen, hätte sich durch die Platte ein schwarzes Kreuz mit den Farbenringen zeigen müssen. Es war sehr schwierig, eine deutliche Beobachtung zu machen. Die Farbe des Minerals ist so dunkel, dafs man in dem gewöhnlichen Polarisations-Instrumente wegen zu geringer Lichtstärke fast gar nichts sah. Die Ringe selbst waren aber bei der Dünne der Platte schon so grofs, dafs man sie in einer Turmalinzange nicht mehr übersehen konnte. Am besten gelang es, nach der Analogie der letztern, wenn man an der Vorderseite und an der Rückseite der Antigoritplatte die

die gekreuzten Turmalinplatten anklebte. Stimmten die Polarisationsebenen mit den Ebenen der Elasticitätsaxen überein, so gewahrte man allerdings etwas wie ein Kreuz, aber ein Balken schien breiter als der senkrecht darauf stehende, dabei waren die vier hellen Winkelräume sehr weit entfernt, und erforderten eine starke Neigung, um auch nur bemerkt zu werden. Auch erschienen sie paarweise einander mehr genähert, und lagen so gewissermafsen in den Winkeln eines länglichen Rechteckes. Es war nicht möglich, eine Messung zu machen. Wurden aber die Polarisations-Ebenen der zwei Platten mit der Ebene der Elasticitätsaxen unter 45° gekreuzt, so erschienen sehr deutlich die dunkeln mit den Scheiteln gegeneinander liegenden Hyperbeln, welche durch die optischen Axen gehen. Auch der erste der farbigen Ringe wurde gesehen, aber weit aufserhalb der Hyperbel-Scheitel, nicht so wie etwa beim Salpeter oder Aragon, wo man so leicht die innern Ringe zunächst jedem der beiden Systeme sieht, bis sie sich, durch Lemniscaten umgeben, vereinigen. Hier war selbst für den ersten Ring noch keine eingebogene Lemniscate gebildet, wenn auch der Querdurchmesser kürzer erschien, als der Längendurchmesser durch die beiden optischen Axen. Eine ungefähre Schätzung gab den ersteren etwa 45°, den letzteren etwa 75°. Der scheinbare Winkel der optischen Axen war etwa 35°. Die Schätzungen beruhten auf der Vergleichung der Entfernung des Auges von der Fenstertafel, auf welcher die zu schätzenden Bilder projicirt erscheinen. Der Brechungsexponent des Antigorits, sowie der verwandten Krystalle ist noch unbekannt; nimmt man die nicht unwahrscheinliche Zahl 1,550 an, welche für Körper dieser Art wohl ein mittleres Verhältnifs darstellt, so würde der Winkel, den die optischen Axen im Krystall einschliefsen = 22° 22′ seyn, oder etwa 22 Grad, da es nicht um Minuten zu thun seyn kann, wo das Ganze nur auf Schätzung beruht.

So unvollkommen diese Beobachtungen auch sind, was zum Theil wohl in der Natur der Sache gegründet ist, so

habe ich doch geglaubt, sie jetzt schon mittheilen zu sollen, um der Aufmerksamkeit der Mineralogen und Optiker diesen merkwürdigen Körper zu empfehlen, aber auch um das freundliche Zutrauen des hochverehrten Gebers nicht zu lange hinzuhalten, ohne den Erfolg der Untersuchung zu berichten. Es ist aber der langsame Fortschritt von Untersuchungen der unvermeidliche. Jeder aufmerksame Beobachter wird gerne zugeben, dafs von der ersten Wahrnehmung bis zur vollen Sicherstellung an mancher Thatsache fortgesetzte Aufmerksamkeit unter mancherlei Verhältnissen nothwendig gewesen ist. Auch beim Antigorit wird sich später noch Manches genauer erörtern lassen.

Die erste Platte Antigorit, welche ich erhielt, war ziemlich dunkel lauchgrün gefärbt, geradschiefrig, mit einem ausgezeichnet feinsplittrigen Bruch, die zarten Splitter zum Theil in blumenartigen Zeichnungen, einigermafsen an die Eisblumen an gefrornen Fensterscheiben erinnernd. Die Localität derselben, das Antigoriothal nördlich von Domo d'Ossola in Piemont. Die Platten sollen dort bis zu einem Fufs lang gefunden werden. Später sandte Hr. D. Wiser noch zwei andere Varietäten von derselben Species, die mit dem gewöhnlichen Antigorit und gemeinem Asbest zusammen vorkommen, und zwar, nach den Angaben der Finder, am Albern-Berg (*Mont-Albrun*) vier Stunden von Unterwasser, auf der Gränze zwischen Oberwallis und Piemont. Die eine Varietät erscheint in dünnen hell lauchgrünen, wellenförmig krummschiefrigen Platten, die so wie der geradschiefrige Antigorit selbst etwas elastisch sind. Sie sind viel weniger durchscheinend. Auch die andere Varietät ist etwas weniger durchscheinend; diese ist zugleich etwas mehr grobschiefrig, und durch Querklüfte in mehr rechteckige Stücke zerspalten. Beide zeigen deutlich den oben beschriebenen Dichroismus. Hr. Wiser fand gleiche Reaction vor dem Löthrohre an sämmtlichen Varietäten.

Das Auffinden wahrer krystallinischer Structur an einem *schiefrig* scheinenden Minerale, das man beinahe mehr geneigt seyn konnte als Gebirgsart zu betrachten, als dafs

man es der Reihe der einfachen Mineralien beizählen sollte, ist an und für sich sehr überraschend, wenn es auch durch das Bestehen einer festen Mischungsformel $(\dot{Mg}^2, \dot{Fe}^2)\ddot{Si} + \frac{1}{2}\dot{H}$, oder $(\dot{Mg}^3, \dot{Fe}^3)\ddot{Si}^2 + \dot{Mg}\dot{H}$ bedeutend unterstützt und begreiflich gemacht wird. Aber das noch so wenig krystallinische Ansehen macht wieder auf den Umstand aufmerksam, dafs der Fortschritt der Krystallisation selbst in diesem Falle ein höchst langsamer und allmäliger ist. Sowie aus der schiefrigen Structur sich die gleichartigen Theilchen in der festen chemischen Verbindung aneinander schliefsen, ebenso nehmen sie auch die geregelte Lage gegen einander an, welche sich in der Wirkung auf das Licht als wahre Krystallisation zu erkennen giebt. Während in so vielen anderen Fällen sich einzelne Krystallindividuen aus einer umgebenden einfachen, zusammengesetzten oder gemengten Grundmasse ausscheiden, nimmt hier augenscheinlich die Grundmasse selbst allmälig die Krystallstructur an.

VIII. *Ueber die specifische Wärme des Kaliums und über die Siedpunkte der Kohlensäure und des Stickstoffoxyduls unter dem gewöhnlichen Druck der Atmosphäre; von Hrn. V. Regnault.*

(*Compt. rend. T. XXVIII. p.* 325.)

Dulong und Petit haben entdeckt, dafs zwischen den specifischen Wärmen der einfachen Körper und deren chemischen Aequivalenten das merkwürdige Gesetz besteht, *dafs die specifischen Wärmen der einfachen Körper sich umgekehrt wie deren Atomgewichte verhalten.* Unter der kleinen Zahl numerischer Resultate, welche diese berühmten Physiker zur Stütze ihres Gesetzes gaben, finden sich mehre, die mit den von ihnen angenommenen Atomgewichten die-

sem Gesetze genügen; allein diese Atomgewichte waren, wie sich in der Folge gezeigt hat, gänzlich unrichtig. Die offenen Anomalien, welche das Dulong-Petit'sche Gesetz darbot, haben die Chemiker lange abgehalten sich desselben zur Fetsetzung der Aequivalente der Körper zu bedienen. Vielmehr konnten sie dieselben auf sichere Weise nur durch rein chemische Betrachtungen bestimmen. In meiner Abhandlung über die specifische Wärme einfacher Körper habe ich gezeigt [1]), dafs die im Dulong-Petit'schen Gesetz erkannten Anomalien von den sehr unrichtigen Werthen herrühren, die diese Physiker für die specifische Wärme mehrer dieser Körper fanden; allein ich erkannte zugleich, dafs diefs Gesetz nicht den von ihnen vorausgesetzten Grad von Strenge besitzt, sondern nur ein angenähertes ist. Diefs rührt davon her, dafs die Wärmecapacität der Körper, wie wir sie durch unsere Versuche bestimmen, mehre andere Elemente enthält, die man noch nicht davon zu sondern vermocht hat. Dahin gehören die latente Ausdehnungswärme und ein Theil der latenten Schmelzwärme, welche die Körper allmälig absorbiren, in dem Maafse als sie erweichen, oft lange vor der Temperatur, welche man als ihren Schmelzpunkt betrachtet. Die Berichtigungen, welche die numerischen Werthe der Aequivalente seit einiger Zeit erlitten, haben im Allgemeinen die in meiner ersten Abhandlung bezeichneten Abweichungen verringert.

Defsungeachtet finden sich unter der grofsen Zahl von einfachen Körpern, deren specifische Wärmen ich bestimmen konnte, drei, die nur dann zu dem Gesetz passen, wenn man die insgemein von den Chemikern angenommenen Aequivalente ändert, nämlich: *Uran*, *Silber* und *Kohle*.

Das *Uran* zeigte eine unerklärliche Anomalie, die mich veranlafste, die Chemiker zu neuen Versuchen über diesen Gegenstand aufzufordern. Die schönen Versuche des Hrn. Peligot zeigten kurz nachher, dafs die bis dahin für metallisches Uran gehaltene Substanz nur ein Oxyd ist,

1) *Annal. de chim. et de phys. Ser. II. T. LXXIII.* (Ann. Bd. 51, S. 44 u. 213.)

und es gelang diesem geschickten Chemiker das wahre Metall zu isoliren.

Was das *Silber* betrifft, so gab das Gesetz der specifischen Wärmen für dieses Metall ein halb so grofses Aequivalent, als es bisher allgemein von den Chemikern angenommen worden war. Die Formel für das Silberoxyd mufste also nicht mehr AgO geschrieben werden, sondern Ag_2O; es wurde also der des Kupferoxyduls Cu_2O und des Quecksilberoxyduls Hg_2O ähnlich. Ich gab die Gründe an, welche die Chemiker zur Annahme dieses neuen Silber-Aequivalents bewegen mufsten, nämlich die unzweifelhafte Isomorphie des Schwefelsilbers mit dem Schwefelkupfer Cu_2S, welches es in allen Verhältnissen in gewissen krystallisirten Mineralien ersetzt; die Analogie des Chlorsilbers mit dem Chlorkupfer Cu_2Cl, und den Umstand, dafs man nie ein Silbersalz antrifft, das mit einem entsprechenden Salze eines Oxyds von der Formel RO isomorph wäre. Diese Gründe scheinen mir so überzeugend, dafs ich nicht zweifle, die Chemiker werden bald dasjenige Silber-Aequivalent annehmen, welches sich aus der specifischen Wärme dieses Metalls ergiebt.

Die isolirte *Kohle* existirt in mehren Zuständen und zeigt darin verschiedene physische Eigenschaften. Ich habe nachgewiesen, dafs diesen verschiedenen Zuständen sehr verschiedene specifische Wärmen entsprechen [1]). Es mufste entschieden werden, in welchem Zustande die Kohle ihre chemischen Verbindungen eingehe, denn dieser ist es offenbar, dessen specifische Wärme sich auf sein Aequivalent bezieht. Es ist natürlich zu glauben, es sey diejenige Modification, in welcher die Kohle am aufgelockertsten ist. Nun entspricht, wie ich gefunden, die Wärmecapacität der Kohle, die aus der Zersetzung organischer Substanzen durch Hitze entspringt, dem Aequivalent 150 d. h. dem doppelten der Zahl 75, welche von den meisten Chemikern angenommen wird. Ich sprach die Gründe aus, die der Rich-

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. I. p.* 204. (Ann. Bd. 53, S. 261.)

tigkeit dieses neuen Aequivalents der Kohle eine grofse Wahrscheinlichkeit geben. Unter diesen Gründen ist einer, der mir entscheidend zu seyn scheint. Wir kennen bisjetzt eine sehr bedeutende Menge Substanzen organischen Ursprungs, deren Zusammensetzung mit Sicherheit bestimmt ist. Ihre Formeln zeigen *alle* die Merkwürdigkeit, *dafs die Zahl der Aequivalente der Kohle darin eine gerade ist.* Diese Thatsache ist aber ganz natürlich, wenn das von den Chemikern angenommene Aequivalent die Hälfte des wahren ist. Nur zwei Verbindungen der Kohle machen eine Ausnahme; es sind die, welche früher zur Bestimmung des Aequivalents dieses Körpers dienten, nämlich das Kohlenoxyd und die Kohlensäure. Allein wir haben keinen Grund, die Formel des Kohlenoxyds eher CO als $C_2\ O_2$ zu schreiben. Was die Kohlensäure betrifft, so schreiben die Chemiker ihre Formel CO_2, weil sie als neutrale Carbonate diejenigen betrachten, welche am häufigsten vorkommen, wie die Carbonate von Kalk, Baryt u. s. w.; dagegen betrachten sie als Bicarbonate die alkalischen Carbonate, welche doppelt so viel Kohlensäure enthalten. Die Anomalie bei der Kohlensäure verschwindet aber, wenn man die letzteren Salze als neutrale Salze betrachtet, wie es mehre Chemiker bis auf den heutigen Tag gethan haben. Diejenigen Carbonate, welche eine Proportion Kohlensäure weniger enthalten, werden demnach basische- oder Sub-Carbonate seyn.

Zwischen den specifischen Wärmen der zusammengesetzten Körper existirt ein analoges Gesetz, wie das eben erwähnte für die einfachen Körper, und es bestätigt sich innerhalb derselben Gränzen [1]). Diefs Gesetz lautet folgendermafsen: *Die specifischen Wärmen der zusammengesetzten Körper, welche gleiche chemische Formeln darbieten, stehen im umgekehrten Verhältnisse der Aequivalente derselben.* Meine Versuche zeigen indefs, dafs wenn diefs

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. I. p.* 199. (Ann. Bd. 53. S. 256.)

Gesetz allgemein seyn soll, einige der von den Chemikern angenommenen Aequivalente modificirt werden müssen.

Die Silberverbindungen, deren Formeln, wenn man das Silberoxyd als AgO annimmt, ähnlich sind denen der entsprechenden Verbindungen der Oxyde RO, machen beständig eine Ausnahme von dem Gesetz. Schreibt man aber das Silberoxyd Ag_2O, so findet man, dafs die Silberoxydsalze, verglichen mit den Salzen der Oxydule Cu_2O, Hg_2O, welche dann analoge Formeln haben, dem Gesetz der specifischen Wärmen genügen; eben so verhält es sich mit den binären Verbindungen. Die specifischen Wärmen der Silberverbindungen führen also, wie die des metallischen Silbers, ebenfalls zu dem Schlufs, *dafs man für das Silber ein halb so grofses Aequivalent annehmen mufs, wie das bisher von den Chemikern gebrauchte.*

Meine Versuche haben noch eine andere Thatsache dargethan, die Beachtung verdient. Insgemein nimmt man für Kali und Natron die Formeln KO und NaO an. Die Formeln dieser Basen sind dann analog denen des Baryts, des Kalks, der Bittererde, der Oxydule des Eisens, Bleis u. s. w. Nimmt man diese Formeln für die alkalischen Oxyde an, so machen die specifischen Wärmen ihrer Salze und die der binären Verbindungen der Alkali-Metalle eine Ausnahme von dem Gesetz der specifischen Wärmen. Schreibt man aber die Formeln der alkalischen Oxyde K_2O, Na_2O, so verschwindet die Anomalie. Dann werden diese Basen isomorph mit dem Kupferoxydul Cu_2O, dem Quecksilberoxydul Hg_2O und dem Silberoxyd, vorausgesetzt, dafs man es Ag_2O schreibe. In meiner Abhandlung über die specifischen Wärmen der zusammengesetzten Körper entwickelte ich die Gründe, welche die Chemiker veranlassen müssen diese Aenderung anzunehmen. Folgendes sind die vornehmlichsten: Man kennt kein alkalisches Salz, welches isomorph wäre mit einem entsprechenden Salz eines Oxydes RO, und niemals ersetzen die alkalischen Oxyde ein Oxyd von der Form RO in unbestimmten Verhältnissen. Zwar bedienen die Mineralogen sich oft dieser Stellvertre-

tungen, weil sie die Aufstellung ihrer Formel erleichtern, allein diefs ist eine willkührliche Hypothese, die schon bei mehren Mineralen verlassen ist, seit man ihre Zusammensetzung genauer kennt. Endlich besitzt, nach Hrn. Mitscherlich, das schwefelsaure Silberoxyd dieselbe Krystallform wie das wasserfreie schwefelsaure Natron.

Um diese Festsetzung der Aequivalente der Alkali-Metalle zu vervollständigen, war es sehr wünschenswerth, die specifische Wärme des isolirten Kaliums zu bestimmen. Ich versuchte es zu wiederholten Malen, stiefs aber dabei auf grofse Hindernisse. Es hält schwer, Kalium im Zustande der Reinheit zu erhalten und es, ohne dafs es sich verändert, an der Luft zu handhaben. Ueberdiefs kann man seine specifische Wärme nicht über 0° bestimmen, weil es sonst erweicht und einen beträchtlichen Antheil seiner latenten Schmelzwärme einschliefst. Auf eine genäherte Weise ist es mir gelungen, die specifische Wärme des Kaliums zu bestimmen, indem ich es in starrer Kohlensäure erkaltete und zu bestimmen suchte, welche Temperatur-Erniedrigung es in einer gewissen Menge Naphtha hervorbrachte, die in einem kleinen Calorimeter enthalten war. Indem ich einen ganz ähnlichen Versuch mit einem bekannten Gewicht Blei anstellte, konnte ich das Verhältnifs zwischen den specifischen Wärmen des Kaliums und des Bleis, unter gleichen Temperatur-Umständen betrachtet, bestimmen.

Drei Versuche gaben für diefs Verhältnifs folgende Werthe:

5,83, 5,77, 5,40.

Die beiden ersten Werthe sind zu grofs, weil ich bei meinen zwei ersten Versuchen nicht vermeiden konnte, dafs die Kaliummasse eine geringe, an ihrer Oberfläche haftende, Menge starrer Kohlensäure mit sich führte, und diefs eine etwas zu starke Temperatur-Erniedrigung bewirkte.

Das umgekehrte Verhältnifs der von den Chemikern angenommenen Atomgewichte ist aber

$$\frac{1294,5}{490,0} = 2,64,$$

d. h. sehr nahe die Hälfte des Gewichts der in meinen Versuchen gefundenen specifischen Wärmen. Nimmt man dagegen das von mir vorgeschlagene Aequivalent des Kaliums an, so wird diefs Verhältnifs

$$\frac{1294,5}{245,0} = 5,29,$$

welches sehr wenig abweicht von dem beim dritten, dem zuverlässigsten, Versuch gefundenen Verhältnifs der specifischen Wärmen.

Die specifische Wärme des Kaliums führt also zu dem Schlufs, zu welchem wir schon durch die specifischen Wärmen der Verbindungen dieses Metalls geführt wurden, nämlich, *dafs das Aequivalent des Kaliums verdoppelt werden müsse und die Formeln der alkalischen Oxyde zu schreiben seyen:* R_2O.

Durch einige directe Versuche habe ich zu beweisen gesucht, dafs die von mir bei der Bestimmung der specifischen Wärme des Kaliums befolgte Methode nur sehr geringe Unsicherheit darbieten kann. Zu dem Ende habe ich sie auf die Untersuchung der specifischen Wärme zweier Körper angewandt, deren Wärme-Leitungsfähigkeit viel geringer ist als die des Kaliums; es sind *Phosphor* und *Eis*. Der Versuch wurde wie beim Kalium angestellt, nur war die Naphtha im Calorimeter durch Wasser ersetzt. Angenommen für die specifische Wärme des Bleis zwischen — 78° und 0° dieselbe Zahl 0,0314, welche ich für dieses Metall zwischen 0° und 100° gefunden habe (eine Annahme, die sich nicht sehr von der Wahrheit entfernen kann), fand ich für die specifische Wärme des *Phosphors*:

Zwischen	— 78° und + 10° C. . .	0,1740
Hr. Person fand zw.	— 21° und + 7° . . .	0,1788
Ich selbst fand zw.	+ 10° und + 30° [1]) . .	0,1887.

1) Also bei Temperaturen, bei denen der Phosphor sich schon bedeutend erweicht.

Man sieht, die von mir für den Phosphor in diesen niederen Temperaturen gefundene specifische Wärme ist eine solche, wie man sie bei Voraussetzung einer Abnahme der Wärmecapacität dieses Körpers mit der Temperatur *a priori* vermuthet haben würde.

Was das *Eis* betrifft, so fand ich in meinem Versuche die specifische Wärme desselben

zwischen — 78° und 0° . . . 0,474.

Die übereinstimmenden Versuche des Hrn. Person und des Hrn. Desains gaben, zwischen — 20° und 0°, die Zahl 0,504, d. h. eine etwas gröfsere als die meinige. Diefs mufs so seyn, weil die in meinem Versuch bestimmte specifische Wärme sich auf weit niedrigere Temperaturen bezieht.

Siedpunkt der Kohlensäure.

Zwei Mal habe ich die Temperatur bestimmt, welche ein Luftthermometer angiebt, wenn sein Behälter mit starrer Kohlensäure umhüllt ist, die frei an der Luft verdampft.

Der erste Versuch, im Laboratorio des Hrn. Dumas angestellt, gab — 77°,92 C. bei 767^{mm},3 Barometerstand.

Später machte ich mehre Bestimmungen mit flüssiger Kohlensäure, die ich für meine Versuche über die specifische Wärme des Kaliums von Hrn. Deleuil hatte darstellen lassen. Das Luftthermometer war so eingerichtet, dafs man es mit atmosphärischer Luft oder anderen Gasen unter verschiedenem Druck füllen konnte. Es hatte eine ähnliche Einrichtung wie die Gasthermometer, die ich in meiner Abhandlung über das Maafs der Temperaturen beschrieben habe [1]), war aber viel kleiner.

Ich gebe hier die Elemente dieser Bestimmungen, wobei ich hinsichtlich der Erklärung der Zeichen auf die erwähnte Abhandlung verweise:

1) *Mémoires de l'acad. des Sciences. T. XXI.*

	In schmelzendem Eise.	In starrer Kohlensäure. I.	II.	Im Teige aus Kohlensäure u. Aether.
H_0	775,13	774,80	774,62	774,46
h_0	+ 375,34	+ 52,71	+ 51,52	+ 51,34
$(H_0 + h_0)$	1150,47	327,51	326,14	825,80
$\left(\frac{v}{V}\right)_0$	0,01549	0,01614	0,01663	0,01546
T		— 77°,75	— 78°,16	— 78°,26 C.

Angenommen ward, dafs die Ausdehnung der atmosphärischen Luft zwischen 0° und — 80° C. dieselbe sey wie zwischen 0° und + 100° d. h. = 0,003665.

Bei dem ersten Versuch (Spalte II der Tafel) machte ich die Beobachtungen erst eine Viertelstunde nach dem Moment, wo der Behälter vollständig mit starrer Kohlensäure umhüllt war; ich wollte wissen, bis zu welchem Punkt die Temperatur stationär bliebe. Allein man mufste hiedurch eine etwas zu hohe Temperatur aufzeichnen. Diefs rührt davon her, dafs sich ringsum den Behälter bald eine kleine Gashülle bildet, welche den Contact der Wände mit der starren Kohlensäure verhindert; diese erwärmen sich dann durch die Wärme, welche ihnen der Thermometerstiel durch Leitung zuführt. Bei der zweiten Bestimmung wurde die Kohlensäure abermals eingestampft (*tassé*), neue hinzugefügt und das Temperatur-Minimum beobachtet. Dieses mufs als das wahre betrachtet werden. Man sieht, es ist ein wenig höher als die Temperatur — 79° C., welche Herr Pouillet vor mehren Jahren beobachtet hat.

Die letzte Bestimmung, in dem Teige aus Kohlensäure und Aether gemacht, giebt nahe dieselbe Zahl wie der zweite Versuch mit blofser Kohlensäure. Die stärkeren Kältewirkungen dieses Teiges sind also nicht einer gröfseren Temperatur-Erniedrigung zuzuschreiben, sondern alleinig der besseren Leitungsfähigkeit.

Siedpunkt des Stickstoffoxyduls.

Hr. Dumas hatte die Gefälligkeit eine grofse Menge flüssigen Stickstoffoxyduls mit dem Natterer'schen, von

Hrn. Bianchi vervollkommten Apparat, welcher der *Sorbonne* gehört, für mich darstellen zu lassen. Ich konnte drei Bestimmungen hinter einander machen, wobei jedesmal mehr als 30 Cubikcentm. der Flüssigkeit in einer Röhre gesammelt wurden. Ich beabsichtigte bei diesen Versuchen nicht allein den Siedpunkt des Stickstoffoxyduls unter gewöhnlichem Druck der Atmosphäre zu bestimmen, sondern auch bei diesen tiefen Temperaturen die Ausdehnbarkeit der atmosphärischen Luft, unter verschiedenem Druck, mit der des Wasserstoffgases zu vergleichen. Die Versuche konnten mit grofser Genauigkeit angestellt werden, weil der Siedpunkt des Stickstoffoxyduls *absolut constant* ist; man konnte für jede dieser Bestimmungen die Niveau-Unterschiede der Quecksilbersäulen mehrmals messen. Wegen dieser constanten Temperatur, welche das Stickstoffoxydul durch seine Verdampfung an freier Luft darbietet, leistet es den Physikern grofse Dienste; es bietet ihnen einen neuen, in der Thermometerscale sehr tief liegenden Festpunkt. Indefs verändert sich dieser Punkt mit dem Barometerdruck, unter welchem die Verdampfung geschieht, und daher is es wichtig, diese Veränderungen mit Genauigkeit zu bestimmen. Ich hoffe mit gütiger Unterstützung des Hrn. Dumas dahin zu gelangen.

Hier gebe ich die erhaltenen Resultate. Das Thermometer war ungefähr unter dem Druck der Atmosphäre mit Luft gefüllt.

	In schmelzendem Eise.	In flüssigem Stickstoffoxydule.
H_0	759,05	758,29
h_0	+ 83,61	− 182,98
$H_0 + h_0$	842,66	
$H_0 - h_0$		575,31
$\left(\frac{v}{V}\right)_0$	0,01592	0,01635.

Angenommen $\alpha = 0,03665$ findet man $T = -87°,904$ C.

Das Thermometer war unter starkem Druck mit Luft gefüllt.

	In schmelzendem Eise.	In flüssigem Stickstoffoxydule.
H_0	757,38	758,01
h_0	+ 1256,68	614,06
$H_0 + h_0$	2014,06	1372,07
$\left(\frac{v}{V}\right)_0$	0,01525	0,01638.

Mit Annahme von $\alpha = 0{,}03665$ hätte man für die Temperatur $-\,88°{,}15$ C. Allein der Ausdehnungscoëfficient ist bei verdichteter Luft bedeutender als bei Luft unter atmosphärischem Druck. Man mufs den Calcul umgekehrt machen, d. h. $T = -\,87°{,}904$ nehmen, wie es der erste Versuch gab, und daraus α' ableiten. So findet man:

$$\alpha' = 0{,}0036754.$$

Das Thermometer mit Wasserstoffgas gefüllt.

	In schmelzendem Eise.	In flüssigem Stickstoffoxydule.
H_0	755,84	756,20
h_0	+ 132,04	— 148,44
$H_0 + h_0$	887,38	
$H_0 - h_0$		607,76
$\left(\frac{v}{V}\right)_0$	0,01538	0,01496.

Nähme man an $\alpha'' = 0{,}003665$, so fände man $T = -\,87°{,}47$ C.; allein bei diesen tiefen Temperaturen ist der Ausdehnungscoëfficient des Wasserstoffs gewifs schwächer als der der Luft. Man mufs also annehmen $T = -\,78°{,}904$, und damit aus meinem Versuche den Werth von α'' herleiten. So findet man $\alpha'' = 0{,}0036467$.

Die Ausdehnungscoëfficienten des Wasserstoffgases und der Luft bei verschiedenen Zuständen von Dichtigkeit, bieten Verhältnisse dar, die, nach den von mir bei diesen Gasen zwischen 0° und 100° angestellten Versuchen, vorausgesehen werden konnten.

IX. *Ueber die quantitative Bestimmung des Antimons von Heinrich Rose.*

Wenn in einer sehr verdünnten Flüssigkeit das Antimon seiner Menge nach bestimmt werden soll, so darf man sie nicht durch Abdampfen concentriren, wenn sie Chlorwasserstoffsäure enthält, wie diefs fast immer der Fall ist. Es entweicht mit den Dämpfen der Chlorwasserstoffsäure auch Antimonchlorid, doch besonders erst, wenn die Flüssigkeit bei zu starker Hitze concentrirt wird. Die Verflüchtigung des Antimons kann nicht durch einen Zusatz von Schwefelsäure verhindert werden, wohl aber ziemlich durch Salpetersäure.

Aus seinen Auflösungen wird das Antimon, es mag als antimonichte Säure oder als Antimonsäure in einer Flüssigkeit enthalten seyn, bekanntlich am besten durch Schwefelwasserstoffgas gefällt. Das erhaltene Schwefelantimon mufs aber noch ferner untersucht werden, da es von verschiedener Zusammensetzung seyn kann.

Diefs geschieht, indem man in einer gewogenen gut getrockneten Menge desselben entweder die Menge des Antimons durch Behandlung des Schwefelmetalls mit Wasserstoffgas, oder die Menge des Schwefels bestimmt.

Die Reduction des Schwefelantimons vermittelst des Wasserstoffgases ist mit Unannehmlichkeiten und mit einem geringen Verluste von Antimon verbunden. Es bildet sich hierbei immer eine geringe Menge von Antimonwasserstoffgas, aus welchem zwar, wenn die Röhre, durch welche dasselbe strömt, an einer Stelle bis zum Glühen erhitzt wird, das Antimon reducirt werden kann, wobei aber viele Vorsicht erfordert wird.

Ich habe schon früher bemerkt, dafs die Reduction des Schwefelantimons in einem Porcellantiegel bewerkstelligt werden kann, zu welchem das Wasserstoffgas durch ein

kleines Porcellanrohr geführt wird [1]). Es ist dieses Verfahren bei weitem leichter auszuführen, als die Reduction in einer Kugelröhre.

Die Bestimmung des Schwefels im Schwefelantimon geschieht gewöhnlich auf die Weise, dafs man eine gewogene Menge des getrockneten Schwefelmetalls durch Königswasser oder durch Chlorwasserstoffsäure mit einem Zusatze von chlorsaurem Kali oxydirt, und den abgeschiedenen Schwefel so wie die entstandene Schwefelsäure als schwefelsaure Baryterde bestimmt.

Eine andere Methode den Schwefel in den höheren Schwefelverbindungen des Antimons zu bestimmen, ist folgende: Man behandelt eine gewogene Menge des Schwefelantimons mit Chlorwasserstoffsäure. Es wird dadurch immer nur das der antimonichten Säure analog zusammengesetzte Antimonchlorid ($Sb\,Cl^3$) gebildet, und die demselben entsprechende Menge des Schwefels entweicht als Schwefelwasserstoffgas. Der übrige Schwefel scheidet sich aus. Er nimmt bei längerer Digestion mit heifser, sehr concentrirter Chlorwasserstoffsäure eine rein gelbe Farbe an. Man filtrirt denselben auf einem gewogenen Filtrum, süfst ihn zuerst mit Wasser aus, zu welchem man Chlorwasserstoffsäure und Weinsteinsäure gesetzt hat, und endlich mit reinem Wasser. Aus dem Gewichte dieses Schwefels kann man die Menge des Schwefelantimons berechnen.

Diese Methode ist besonders bei der Untersuchung der Schwefelsalze, welche das höchste Schwefelantimon ($Sb\,S^5$) mit alkalischen und andern basischen Schwefelmetallen, bildet, anzuwenden. Man behandelt eine gewogene Menge derselben unmittelbar so lange mit starker Chlorwasserstoffsäure, bis der abgeschiedene Schwefel von gelber Farbe ist. Man kann dann immer auch die Menge des Antimons in der vom Schwefel abfiltrirten Flüssigkeit, in welcher es als antimonichte Säure enthalten ist, finden. Diefs geschieht am besten auf die sogleich weiter unten zu beschreibende Weise durch eine Goldauflösung, nur mufs

1) Pogg. Ann. Bd. 71, S. 303.

in diesem Falle der ausgeschiedene Schwefel nur mit Wasser und Chlorwasserstoffsäure, nicht mit Weinsteinsäure ausgewaschen worden seyn.

6,927 Grm. des bekannten Schwefelsalzes von Schwefelantimon mit Schwefelnatrium (Schlippe'sches Salz, $3NaS + SbS^5 + 18\dot{H}$) mit starker Chlorwasserstoffsäure behandelt, hinterliefsen 0,449 Grm. Schwefel. Der Berechnung nach hätten 0,455 Grm. erhalten werden sollen.

Es ist nothwendig zur Zersetzung des Salzes eine möglichst starke Chlorwasserstoffsäure anzuwenden, sonst nimmt, besonders wenn man bedeutende Mengen zur Untersuchung angewandt hat, der ausgeschiedene Schwefel eine röthliche Farbe an, von welcher er schwer durch fernere Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure zu befreien ist.

10,049 Grm. des Schlippe'schen Salzes gaben bei einem andern Versuche 0,677 Grm. Schwefel von etwas röthlicher Farbe, der auch beim Verbrennen etwas Schwefelantimon hinterliefs. Der Berechnung nach hätten nur 0,660 Grm. Schwefel erhalten werden sollen.

Bestimmung der antimonichten Säure durch Goldauflösung.

Ist das Antimon in einer Flüssigkeit als antimonichte Säure ($\dddot{Sb}$) enthalten, so kann man dasselbe auf eine ähnliche Weise, wie die arsenichte Säure vermittelst einer Goldauflösung bestimmen [1]). Es erfordert indessen die Bestimmung der antimonichten Säure mehr Vorsichtsmafsregeln als die der arsenichten Säure. Man wendet ebenfalls nicht eine reine Auflösung von Goldchlorid an, sondern eine von Natrium- oder von Ammoniumgoldchlorid. Die antimonichte Säure mufs in Chlorwasserstoffsäure aufgelöst seyn und mufs einen sehr bedeutenden Ueberschufs von dieser Säure enthalten. Nachdem die Flüssigkeiten mit einander gemischt sind, läfst man das Ganze mehrere Tage hindurch an einem gelinde erwärmten Orte stehen. Wenn die

1) Pogg. Annal. Bd. 76, S. 539.

die Chlorwasserstoffsäure nicht in sehr großer Menge vorhanden ist, so scheidet sich neben dem reducirten Golde auch Antimonsäure aus, und ist diese einmal ausgeschieden, so kann man sie sehr schwer, selbst durch große Mengen von Chlorwasserstoffsäure auflösen. Man muß daher der Ausscheidung derselben durch eine sehr große Menge von vorher hinzugesetzter Chlorwasserstoffsäure zuvorkommen. Nach mehreren Tagen filtrirt man das reducirte Gold, läßt aber die abfiltrirte, das Uebermaaß von Goldchlorid enthaltende Flüssigkeit wieder einige Tage stehen, um zu sehen, ob sich nicht noch kleine Mengen von Gold abscheiden. Zum Aussüßungswasser setzt man etwas Chlorwasserstoffsäure. Das reducirte Gold wird nach dem Glühen gewogen.

Sollte sich aber mit dem Golde Antimonsäure ausgeschieden haben, was sehr leicht der Fall seyn kann, besonders wenn diese Methode der Bestimmung der antimonichten Säure zum ersten Male unternommen wird, so wird sie mit dem Golde filtrirt. Nach dem Trocknen schmelzt man das Gold mit dem verbrannten Filtrum unter einer Decke von salpetersaurem und kohlensaurem Alkali sehr vorsichtig in einem kleinen hessischen Tiegel bei einer so starken Hitze, daß das Gold zu einem Regulus zusammenfließen kann. Nach dem Erkalten wird der Tiegel zerschlagen, der Regulus von der Schlackendecke befreit und gewogen. — Es ist gut in jedem Falle, auch wenn man keine Ausscheidung von Antimonsäure bemerkt haben sollte, das geglühte und gewogene Gold auf diese Weise zu behandeln, um zu sehen, ob es dadurch an Gewicht abnimmt.

Aus 6,927 Grm. des Schlippe'schen Salzes, aus dessen Auflösung in Chlorwasserstoffsäure sich 0,449 Grm. Schwefel ausgeschieden hatten, wurden 1,729 Grm. Gold erhalten. Dieß ist bedeutend weniger, als der Rechnung nach hätte erhalten werden sollen, denn diese giebt 1,856 Grm. Gold. Um aber den Schwefel rein zu erhalten, war

die Verbindung mit sehr starker Chlorwasserstoffsäure anhaltend gekocht worden, wodurch wohl Antimonchlorid sich verflüchtigt haben konnte.

Bei andern Versuchen wurden deshalb auch genauere Resultate erhalten.

3,805 Grm. Schwefelantimon ($Sb S^3$) in Chlorwasserstoffsäure gelöst, gaben 2,983 Grm. Gold. Es hätten nur 2,845 Grm. erhalten werden sollen. Aber jene Menge enthielt etwas Antimonsäure, und nach dem Schmelzen mit salpetersaurem und kohlensaurem Alkali wurde nahe die richtige Menge von Gold erhalten.

5,050 Grm. Schwefelantimon ($Sb S^3$) in Chlorwasserstoffsäure gelöst, gaben reducirtes Gold, gemengt mit sehr vieler Antimonsäure, weil bei der Auflösung viel zu wenig Chlorwasserstoffsäure angewandt wurde. Beim Schmelzen des Goldes mit Alkali, Kochsalz und Borax wurde ein rothes Glas, das Gold enthielt, und nur 3,615 Grm. Gold erhalten. Diefs ist weniger als man der Rechnung nach erhalten sollte, nach welcher die Menge des Goldes 3,776 Grm. beträgt. Das Glas hatte aber Gold aufgenommen, was immer der Fall zu seyn scheint, wenn beim Schmelzen Borax angewandt wird.

Trennung des Antimons vom Zinn.

Ich habe schon vor einiger Zeit eine Trennung beider Metalle vorgeschlagen [1]), die darin bestand, das Antimon als antimonsaures Natron durch Wasser von der Auflösung des Zinns in Natronhydrat zu scheiden. Diese Methode giebt indessen nicht ganz genaue Resultate, weil das antimonsaure Natron nicht vollkommen unlöslich im Wasser ist; auch läuft das Wasser, wenn man dieses Salz auswaschen will, nachdem die Auflösung des zinnsauren Natrons abfiltrirt worden ist, opalisirend durchs Filtrum, was man nur dadurch einigermafsen verhindern kann, dafs man zum Waschwasser etwas kohlensaures Natron setzt.

Man erhält genauere Resultate, wenn man zur Tren-

1) Pogg. Ann. Bd. 71, S. 301.

nung des antimonsauren Natrons vom zinnsauren Natron verdünnten Weingeist anwendet.

Man verfährt bei der Trennung der Metalle folgendermafsen: Die Legirung wird, so weit es angeht, zerkleinert und in einem grofsen Becherglase vorsichtig mit starker aber reiner Salpetersäure (vom spec. Gewicht 1,4) übergossen. Nachdem die heftige Oxydation stattgefunden hat, wird bei gelinder Hitze die überschüssige Säure verjagt, und die entstandenen Oxyde bis zur Trocknifs abgedampft. Dann werden sie zuerst sehr schwach geglüht, und darauf in einem Silbertiegel mit einem bedeutenden Ueberschufs von reinem Natronhydrat geschmolzen und einige Zeit im glühenden Flufs erhalten. Die erkaltete Masse wird in Wasser aufgeweicht; der Tiegel wird darauf mit Wasser vollständig gereinigt, und Alles in ein grofses Becherglas gespült. In diesem läfst man das schwerlösliche antimonsaure Natron sich setzen; das zinnsaure Natron, dessen Säure von der Modification des Zinnoxyds *a* ist, ist vollständig im Wasser aufgelöst.

Man setzt darauf zu der wäfsrigen Flüssigkeit so viel Alkohol vom spec. Gewicht 0,83, dafs das Verhältnifs des Volumens desselben zu dem des angewandten Wassers wie 1 zu 3 wird. Man mengt Alles gut durch einander, und läfst es sich gut absetzen. In dem verdünnten Weingeist bleibt das zinnsaure Natron aufgelöst, während andrerseits das antimonsaure Natron sich vollständig absetzt. Auch das kohlensaure Natron, das sich während des Schmelzens gebildet hatte, wird wie das überschüssige Natronhydrat vom verdünnten Weingeist aufgelöst. Die Flüssigkeit ist vollständig klar, und läfst sich gut filtriren; das antimonsaure Natron mufs darauf mit stärkerem Weingeist (aus gleichen Volumen von Wasser und Alkohol von 0,83 spec. Gewicht bestehend) und zuletzt mit noch stärkerem Weingeist (aus 3 Vol. Alkohol von der genannten Stärke und einem Vol. Wasser) so lange ausgesüfst werden, bis etwas von der abfiltrirten Flüssigkeit, mit etwas verdünnter Schwefelsäure sauer gemacht und mit Schwefelwasserstoffwasser

versetzt, nach längerem Stehen keinen gelblichen Niederschlag von Schwefelzinn mehr fallen läfst. Es ist gut, in dem verdünnten Weingeist, der zum Auswaschen dient, eine sehr kleine Menge von kohlensaurem Natron aufzulösen.

Der Weingeist mufs aber genau von der angegebenen Stärke angewandt werden. Nimmt man schwächeren Weingeist, so würde sich neben dem zinnsauren auch etwas antimonsaures Natron auflösen. Es ist diefs namentlich der Fall, wenn man zum Auswaschen des antimonsauren Natrons einen schwachen Weingeist anwendet; derselbe mufs sogar stärker seyn, als der, in welchem das zinnsaure Natron gelöst ist. — Wendet man aber einen stärkeren Weingeist an, so dafs der gröfste Theil des während des Schmelzens gebildeten kohlensauren Natrons ungelöst bleibt, so bleibt mit demselben auch bedeutend viel zinnsaures Natron ungelöst, so dafs man dadurch oft einen Verlust von 8 bis 9 Proc. erhalten kann. Es ist deshalb nothwendig, genau so zu verfahren, wie so eben angeführt wurde.

Die alkalische Auflösung des zinnsauren Natrons wird längere Zeit einer gelinden Hitze ausgesetzt, um den gröfsten Theil des Weingeistes zu verjagen; dann wird sie mit Wasser verdünnt, mit verdünnter Schwefelsäure übersättigt und durch Schwefelwasserstoffgas das Zinn als Schwefelzinn gefällt, das in Zinnoxyd verwandelt wird.

Das antimonsaure Natron wird so behandelt, wie ich diefs an einem andern Orte bei der Trennung des Arseniks vom Antimon auseinander gesetzt habe [1]).

Hr. Weber behandelte auf diese Weise:

0,7165	Grm.	Antimon	= 57,85	Proc.
0,5220	-	Zinn	= 42,15	-
1,2385			100,00.	

Es wurden erhalten:

0,729	Grm.	Antimon	= 58,86	Proc.
0,496	-	Zinn	= 40,04	-
1,225			98,90.	

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 555.

Ein unangenehmer Umstand bei der Ausführung dieser Methode ist die Anwendung des Silbertiegels, welche nicht zu umgehen ist. Bisweilen wird dadurch das gefällte Schwefelzinn mit einer sehr geringen Menge von schwarzem Schwefelsilber verunreinigt.

Trennung des Antimons vom Zinn und Arsenik.

Sind die drei Metalle im regulinischen Zustande mit einander verbunden, so müssen sie zuerst oxydirt werden. Diefs geschieht durch starke aber reine Salpetersäure auf die Weise, wie es von mir früher bei der Trennung des Arseniks vom Zinn gezeigt worden ist [1]). Nimmt man zur Oxydation nicht eine sehr starke Salpetersäure, so ist gewöhnlich die oxydirte Masse etwas grau durch noch nicht oxydirtes Metallpulver. Die oxydirte Masse wird im Wasserbade zur Trocknifs abgedampft, darauf in einen Silbertiegel geschüttet, das an den Wänden des Gefäfses Haftende wird, mit einer verdünnten Auflösung von Natronhydrat in den Silbertiegel gespült, das Ganze in demselben im Wasserbade zur Trocknifs gebracht und dann mit der achtfachen Menge vom festen Natronhydrat geschmolzen. Die erkaltete Masse wird so lange mit heifsem Wasser aufgeweicht, bis das Ungelöste ein fein zertheiltes Pulver bildet, die erhaltene Flüssigkeit erst mit Wasser verdünnt, und darauf so viel Alkohol vom spec. Gewicht 0,83 hinzugefügt, dafs das Volumenverhältnifs desselben zum Wasser wie 1 : 3 ist. Unter öfterem Umrühren läfst man das Ganze 24 Stunden hindurch stehen, filtrirt darauf den Niederschlag, spült das Glas mit wäfsrigem Alkohol aus, und wäscht den Niederschlag des antimonsauren Natrons genau so aus, wie es oben bei der Trennung des Antimons vom Zinn angeführt worden ist.

Das antimonsaure Natron wird in einer Mengung von Chlorwasserstoffsäure und Weinsteinsäure aufgelöst, und die Lösung so behandelt, wie ich es früher beschrieben habe.

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 548.

Aus der vom antimonsauren Natron abfiltrirten Flüssigkeit ist es nicht nöthig den Alkohol durchs Erhitzen zu verjagen. Man übersättigt sie mit Chlorwasserstoffsäure, wodurch ein sehr voluminöser Niederschlag von arseniksaurem Zinnoxyd entsteht. Ohne denselben aufzulösen, leitet man durch die Flüssigkeit lange und anhaltend Schwefelwasserstoffgas, wodurch der weifse Niederschlag sich in einen ganz dunkelbraunen, der aus Schwefelzinn und Schwefelarsenik besteht, verwandelt. Man läfst dann das Ganze so lange stehen, bis es fast nicht mehr nach Schwefelwasserstoff riecht, und filtrirt darauf den Niederschlag auf einem gewogenen Filtrum. Die getrennte Flüssigkeit wird längere Zeit erhitzt, wodurch der etwa noch vorhandene Schwefelwasserstoff und der gröfste Theil des Alkohols sich verflüchtigt, darauf wird sie mit einer Auflösung von schweflichter Säure und sodann noch einmal mit Schwefelwasserstoffgas behandelt, wodurch gewöhnlich noch eine geringe Menge von Schwefelarsenik fällt. Es ist gewöhnlich die Behandlung mit schweflichter Säure nicht nöthig, wenn man unmittelbar zu der von den Schwefelmetallen getrennten Flüssigkeit noch einmal Schwefelwasserstoffgas leitet. Die geringe Menge des Schwefelarseniks, die in diesen Fällen niedergeschlagen wird, ist immer frei von jeder Spur von Schwefelzinn; sie wird deshalb nicht zu den Schwefelmetallen auf dem gewogenen Filtrum hinzugefügt.

Die Schwefelmetalle werden bei 100° C. getrocknet, und dann eine gewogene Menge davon nach einer von mir früher beschriebenen Methode mit Schwefelwasserstoffgas behandelt [1]). Das rückständige Schwefelzinn wird in Zinnoxyd verwandelt. Das sublimirte Schwefelarsenik wird in Arseniksäure verwandelt. Die kleine Menge des Schwefelarseniks, welche später erhalten worden ist, wird ebenfalls durch Chlorwasserstoffsäure und chlorsaures Kali zu Arseniksäure oxydirt und zu der gröfseren Menge gesetzt. Man fällt darauf die Arseniksäure als arseniksaure Ammo-

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 545.

niak-Magnesia, und berechnet aus derselben die Menge des Arseniks.

Hr. Weber hat auf diese Weise eine Legirung vom Zinn, Antimon und Arsenik, die durchs Zusammenschmelzen der Metalle unter Fett erhalten worden war, untersucht. 2,975 Grm. derselben gaben 1,085 Grm. Schwefelantimon, die 0,644 Grm. metallisches Antimon oder 21,65 Proc. lieferten.

Das Gewicht des Schwefelzinns und des Schwefelarseniks betrug 3,993 Grm. Es wurden daraus 2,365 Grm. Zinnoxyd, was 62,52 Proc. Zinn entspricht, und 1,208 Grm. $Mg^2 \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As} + \dot{N}H^4 + \dot{H}$, in denen 15,90 Proc. Arsenik enthalten sind, dargestellt.

Die erhaltenen Bestandtheile waren bei der Prüfung als vollkommen rein befunden worden. Da nun das erhaltene Resultat der Analyse war:

Zinn	62,52
Antimon	21,65
Arsenik	15,90
	100,07,

so hat die Untersuchung keinen Verlust gegeben. Das Resultat derselben war also ein genaues.

Hat man die drei Metalle im oxydirten Zustande, so werden sie unmittelbar mit Natronhydrat im Silbertiegel behandelt.

Trennung der antimonichten Säure von der Antimonsäure.

Es kann, wenn beide Säuren des Antimons in einer Auflösung enthalten sind, die Bestimmung auf die Weise geschehen, daſs man in einem Theile derselben, die ganze Menge des Antimons bestimmt, in einem andern hingegen die Menge der antimonichten Säure nach Hinzufügung einer Goldauflösung durch Reduction des Goldes findet. Diese Methode kann aber nur dann ein genaues Resultat geben, wenn in der Auflösung auſser den Säuren des Antimons

nur Chlorwasserstoffsäure und allenfalls auch Schwefelsäure zugegen sind, nicht aber, wie diefs häufig der Fall ist, Salpetersäure.

Die Goldauflösung ist auch ein gutes Mittel, um die Gegenwart der antimonichten Säure bei Anwesenheit von gröfseren Mengen von Antimonsäure zu finden. Es ist diefs sonst oft mit Schwierigkeiten verbunden, besonders wenn beide im geglühten Zustand vorhanden sind. Denn es verliert die antimonichte Säure, wenn sie in Verbindung mit Antimonsäure ist, ihre Flüchtigkeit und leichte Auflöslichkeit in Chlorwasserstoffsäure.

Diefs ist namentlich bei der Verbindung beider Säuren der Fall, die Berzelius in früheren Zeiten antimonichte Säure genannt, und für eine eigenthümliche Säure gehalten hat. Sie wird bekanntlich durchs Glühen der Antimonsäure erhalten, wobei diese Sauerstoff verliert. In der letzten (fünften) Auflage seines Lehrbuchs der Chemie hat Berzelius die sehr wahrscheinliche Ansicht aufgestellt, dafs diese geglühte Antimonsäure eine Verbindung von antimonichter Säure (Antimonoxyd) und Antimonsäure sey ($\overset{....}{Sb}$ oder $\overset{...}{Sb} + \overset{.....}{Sb}$) und dafs daher der alte Name für diese Verbindung wegfallen, und auf die Oxydationsstufe übergetragen werden müsse, die man Antimonoxyd genannt hat. Man hat letztern Namen für die Fälle beibehalten, wenn die antimonichte Säure als Base betrachtet wird, wie z. B. in dieser ihrer Verbindung mit der Antimonsäure.

Da diese Verbindung von Chlorwasserstoffsäure und von andern Säuren, selbst beim Erhitzen, nur wenig angegriffen wird, so ist es in der That nicht leicht, die Gegenwart der niedrigen Oxydationsstufe des Antimons darin nachzuweisen. Schmelzt man aber die Verbindung im Silbertiegel mit Kalihydrat, so löst sich nach dem Erkalten die geschmolzene Masse vollständig im Wasser auf. Hat das Schmelzen nur kurze Zeit gedauert, so reducirt die alkalische Auflösung, mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt, nach einiger Zeit durchs Erhitzen Gold aus einer Goldchlo-

ridauflösung. Ist aber das Schmelzen mit Kalihydrat sehr lange beim Zutritt der Luft fortgesetzt worden, so ist dadurch alle antimonichte Säure zu Antimonsäure oxydirt worden, und die Auflösung der geschmolzenen Masse kann dann nach Uebersättigung mit Chlorwasserstoffsäure kein Gold mehr reduciren.

Ein empfindlicheres Reagens für die Gegenwart der antimonichten Säure als das Goldchlorid, ist die Auflösung des salpetersauren Silberoxyds.

Setzt man zu einer Auflösung der antimonichten Säure in Chlorwasserstoffsäure, oder zu der des Antimonchlorids, zu welcher man Chlorwasserstoffsäure hinzugefügt hat, um die Fällung durch Wasser zu verhindern, eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd, so entsteht ein dicker weifser Niederschlag, von welchem Ammoniak das Chlorsilber auflöst, und die antimonichte Säure ungelöst zurückläfst. — Fügt man indessen zu einer Auflösung der antimonichten Säure in Kalihydrat eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd hinzu, so erhält man einen tief schwarzen Niederschlag. Derselbe ist in Ammoniak nicht löslich; doch entzieht diefs dem Niederschlage Silberoxyd, wenn dasselbe durch die überschüssige Kaliauflösung gefällt worden ist. Setzt man zu einer Auflösung der antimonichten Säure in Kalihydratlösung zuerst Ammoniak, wodurch keine Fällung entsteht, und darauf eine salpetersaure Silberoxydauflösung, so erhält man zuerst nur einen geringen schwarzen Niederschlag, der aber mit der Zeit bedeutender wird.

In einer Auflösung des antimonsauren Kalis erhält man durch eine Auflösung von salpetersaurem Silberoxyd einen starken weifsen Niederschlag von antimonsaurem Silberoxyd, der nur einen geringen Stich ins Gelbliche hat. Enthält hingegen die Auflösung freies Kali, so ist die Fällung durch zugleich ausgeschiedenes Silberoxyd braun. Beide Niederschläge sind in Ammoniak vollständig auflöslich. Enthält aber die Auflösung nur die geringste Menge von antimonichter Säure, so bleibt eine schwarze Fällung ungelöst, wenn der Niederschlag mit Ammoniak behandelt wird.

Man kann durch salpetersaure Silberoxydauflösung die Gegenwart der antimonichten Säure in der geglühten Antimonsäure weit schneller und leichter entdecken, als durch eine Goldchloridauflösung. Denn setzt man zu der Auflösung des mit Kalihydrat geschmolzenen antimonsauren Antimonoxyds salpetersaure Silberoxydauflösung, so erhält man einen schwarzen Niederschlag, der in Ammoniak nicht löslich ist, das nur das zugleich gefällte Silberoxyd und antimonsaure Silberoxyd auflöst. Wenn man aber das antimonsaure Antimonoxyd lange mit Kalihydrat geschmolzen hat, so erhält man in der Auflösung der geschmolzenen Masse einen schwarzen oder braunen Niederschlag, der im Ammoniak ganz auflöslich ist.

Setzt man zu einer Auflösung der antimonichten Säure in Kalihydrat eine Goldchloridauflösung, so erhält man auch einen schwarzen Niederschlag, der sich durchs Erhitzen der Flüssigkeit nicht verändert, wodurch man ebenfalls sehr kleine Mengen der antimonichten Säure erkennen kann. Fügt man eine Goldchloridauflösung zu einer Auflösung des antimonsauren Kalis, auch wenn dieselbe freies Kali enthält, so erhält man keinen Niederschlag, vorausgesetzt, dafs das Kali frei von organischen Säuren ist. Erst durch sehr langes Stehen bildet sich eine sehr geringe schwarze Fällung.

In einer chlorwasserstoffsauren Auflösung unterscheidet sich die antimonichte Säure von der Antimonsäure auch durch ihr Verhalten gegen Oxalsäure. Diese fällt die antimonichte Säure als einen reichlichen voluminösen Niederschlag, der sich später senkt. Bei längerem Stehen wird durch die Oxalsäure die antimonichte Säure aus der Auflösung, wenn diese nicht gar zu viel Chlorwasserstoffsäure enthält, ganz gefällt, so dafs die abfiltrirte Flüssigkeit nichts davon enthält. Bei einem grofsen Zusatz von Oxalsäure erscheint der Niederschlag nicht sogleich, sondern erst nach längerem Stehen. — In der Auflösung der Antimonsäure in Chlorwasserstoffsäure wird durch Oxalsäure nur nach

langem Stehen ein geringer flockiger Niederschlag hervorgebracht.

Bei Gegenwart von Weinsteinsäure entsteht in Auflösungen der antimonichten Säure durch Oxalsäure kein Niederschlag, oder nur ein geringer, wie z. B. in einer Auflösung von Brechweinstein. Die Reduction des Goldes aus der Goldchloridauflösung erfolgt aber in einer Auflösung des Brechweinsteins; nur etwas langsam in der Kälte. Eben so wird, wenn man zu der Auflösung des Brechweinsteins Kalihydratlösung setzt, durch salpetersaures Silberoxyd ein schwarzer, in Ammoniak nicht löslicher Niederschlag erzeugt.

X. *Ueber die Zusammensetzung des Schorlamits, eines neuen titanhaltigen Minerals; von C. Rammelsberg.*

Shephard beschrieb vor einiger Zeit [1]) eine neue Mineralsubstanz von *Magnet Cove, Hot Springs-County, Arkansas,* in den vereinigten Staaten, welche daselbst in Gesellschaft einiger anderen gleichfalls scheinbar neuen Mineralien, des Arkansits und Ozarkits, vorkommt. Er hat die Krystallform nur unbestimmt angegeben, insofern die Grundform eine rhomboïdische seyn soll, als secundäre Formen aber sechsseitige Prismen vorkommen, deren Seitenkanten durch schmale glänzende Flächen abgestumpft sind. Die Spaltbarkeit ist nur undeutlich, der Bruch muschlig. Härte 7—7½. Spec. Gewicht = 3,862.

In Betreff des chemischen Verhaltens giebt Shephard Folgendes an: der Schorlamit liefert beim Erhitzen etwas Wasser, und schmilzt beim Glühen des Glases, etwa 3 Proc. am Gewicht verlierend. Vor dem Löthrohr schmilzt er leicht mit kaum merklichem Schäumen zu einer obsidianähnlichen

1) Sillim. Journ. II. Ser. II. 251.

Kugel, die nicht magnetisch ist. Die Boraxperle ist durchsichtig und hellgrün gefärbt. — Von Säuren wird das Mineral unter Bildung einer Kieselgallerte zersetzt. Seine wesentlichen Bestandtheile sind Kieselsäure, Yttererde, Thorerde (?), Eisenoxyd und Wasser. Cer und Lanthan ließsen sich nicht auffinden.

Der Güte des Hrn. A. Kranz, welcher sich im Besitz von krystallisirtem und derbem Schorlamit befindet, verdanke ich eine Probe des letzteren, der eine glänzend schwarze, mit einem dünnen Anfluge von Brauneisenstein bedeckte Masse von vollkommen muschligem Bruch bildet. Die Härte ist die von Shephard angegebene, und auch das spec. Gewicht, welches von grobem Pulver = 3,783 gefunden wurde, stimmt ziemlich gut mit den Angaben jenes Beobachters überein. Das chemische Verhalten der Substanz ist indessen ein so ganz verschiedenes, daſs ich auf die Vermuthung kam, etwas anderes als Schorlamit in Händen zu haben, wenn nicht einerseits die Identität der äuſseren Charaktere, und andererseits die bestimmte Versicherung des Hrn. Kranz, daſs dieſs der ächte Schorlamit sey, dieser Vermuthung widersprochen hätten.

Beim Erhitzen giebt das Mineral nichts Flüchtiges. In der Platinzange vor dem Löthrohr erhitzt, schmilzt es an den Kanten schwer zu einer schwarzen Masse. Die Boraxperle ist in der äuſseren Flamme gelb, und wird, falls nicht eine gröſsere Menge der Probe aufgelöst worden, beim Abkühlen farblos; in der innern erscheint sie nach der Behandlung mit Zinn grün. Phosphorsalz liefert in der äuſseren Flamme ebenfalls ein gelbes Glas, welches sich noch leichter entfärbt; auf Kohle in der inneren Flamme mit Zinn behandelt, wird es zuletzt deutlich violett.

Von Chlorwasserstoffsäure wird das feingepulverte Mineral zwar angegriffen, indem sich ein helleres Pulver abscheidet, und eine gelbliche Flüssigkeit erhalten wird, welche mit Ammoniak einen ebenso gefärbten Niederschlag erzeugt, nach dessen Abscheidung Oxalsäure eine Fällung von Kalk giebt, aber diese Zersetzung ist sehr unvollständig.

Beim Glühen in einem verschlossenen Platintiegel änderte das Pulver weder sein Gewicht noch seine Farbe.

Es wurden zwei Analysen gemacht; I. durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron, und Behandlung der Masse nach Art eines Silicats, wobei ein in Chlorwasserstoffsäure unauflöslicher, Kieselsäure, Titansäure und Alkali enthaltender Rückstand blieb, der durch saures schwefelsaures Kali aufgeschlossen werden mufste; und II., wobei zweckmäfsiger diefs letztere sogleich benutzt, und der ausgelaugte Rückstand, welcher nur aus Kieselsäure, schwefelsaurem Kalk und wenig Titansäure bestand, nach dem Glühen mit einer concentrirten Auflösung von kohlensaurem Natron gekocht wurde, welche die Kieselsäure auszog, worauf der entstandene kohlensaure Kalk sich durch verdünnte Chlorwasserstoffsäure ausziehen liefs. Durch Kochen fiel aus der schwefelsauren Flüssigkeit Titansäure nieder, und eine kleine Menge derselben, welche aufgelöst blieb, wurde aus dem Eisenoxyd nach dem Glühen desselben, durch Digestion mit Chlorwasserstoffsäure, Schmelzen des Ungelösten mit saurem Kali u. s. w. erhalten.

Der beim Schmelzen des Schorlamits mit dem Kalisalze und Behandeln der Masse mit Wasser bleibende Rückstand enthielt keine Tantal- (Niob-Pelop-)säure, und er so wenig, als die saure Flüssigkeit enthielten Cer, Lanthan, Yttererde oder Beryllerde; nur eine Spur Thonerde liefs sich nachweisen.

I. 1,508 Grm. gaben: 0,42 Kieselsäure, welche noch etwas Titansäure enthielt, 0,231 Titansäure, 0,398 Eisenoxyd, 0,48276 Kalkerde und 0,02288 Talkerde.

II. 3,342 Grm. gaben: 0,872 Kieselsäure, 0,58 Titansäure, 0,848 Eisenoxyd; 1,04 Kalkerde und 0,0519 Talkerde.

Das Eisen enthält eine kleine Menge Mangan, und ist in der Substanz als Oxydul anzunehmen, wofür der Gewichtsüberschufs, die Reaction der chlorwasserstoffsauren Auflösung des Minerals, so wie das Verhältnifs der Bestandtheile überhaupt sprechen.

	I.	II.	Sauerstoff.	
Kieselsäure	27,85 [1])	26,09		13,55
Titansäure	15,32	17,36		6,74 [2])
Eisenoxydul	23,75	22,83	5,07	
Kalkerde	32,01	31,12	8,85	14,53
Talkerde	1,52	1,55	0,61	
	100,45	98,95.		

Die Sauerstoffmengen stehen offenbar in dem Verhältniſs von 2 : 1 : 2, so daſs dieser titanitähnlichen Verbindung der Ausdruck



$$2\dot{R}^3 \ddot{Si}^2 + 3\dot{R}^2 \ddot{Ti}$$

zukommt.

Verwandelt man in II. 22,83 Eisenoxydul in das Aequivalent, = 17,81 Kalkerde, und 1,55 Talkerde in 2,14 Kalkerde, so erhält man:

		oder für 100:
Kieselsäure	26,09	27,60
Titansäure	17,36	18,37
Kalkerde	51,07	54,03
	94,52	100.

während obige Formel verlangt:

4	At.	Kieselsäure	28,61
3	-	Titansäure	19,13
12	-	Kalkerde	52,26
			100.

Der Titanit enthält, bei gleicher Menge Titansäure, nur halb so viel Kieselsäure und $\frac{1}{4}$ an Kalkerde.

Da Shephard keine Beweise für die Richtigkeit der von ihm angegebenen Bestandtheile beigebracht hat, die von mir gefundenen aber sämmtlich auf ihre Reinheit geprüft wurden, namentlich was die Titansäure betrifft, so darf die gefundene Zusammensetzung für den Schorlamit wohl als richtig gelten.

1) Schlieſst, wie gesagt, etwas Titansäure ein.
2) Ti = 314,69.

XI. *Bestimmung neuer Mineralien; mitgetheilt von* *August Breithaupt.*

I. Glaukodot.

A. Mineralogische Bestimmung von A. Breithaupt.

Der Name deutet an, dafs der Körper blaue Farbe giebt, wozu er bereits benutzt worden. Die äufseren Kennzeichen sind folgende:

Metallischer Glanz.

Farbe, dunkel zinnweifs. Strich, schwarz.

Primärform: Domatisches Prisma. Die Neigung des Doma $\frac{1}{3}$ *P* $\breve{\infty}$ gegen die Hauptaxe hat wegen zu starker Kerbung der Flächen nicht bestimmt werden können. Das Prisma dagegen fand ich ziemlich genau = 112° 36′ und 67° 24′. Die Combinationen sind theils 0 *P*, ∞ *P*, theils $\frac{1}{3}$ *P* $\breve{\infty}$, ∞ *P*; jene ist in Drusen auf-, diese porphyrartig eingewachsen und dabei das Doma sehr vorherrschend, s. Taf. I. Fig. 14 und 15. Doch kommt das Mineral auch derb, in Massen bis zu mehreren Pfunden vor, und dann körnig zusammengesetzt. Spaltbar, basisch, sehr deutlich, (deutlicher als bei irgend einem Arsenkiese); primär-prismatisch wenig deutlich.

Härte 7. Spröde.

Spec. Gewicht 5,975, 5,978, 6,003 in drei Bestimmungen. Der Glaukodot findet sich gangweise im Chloritschiefer, begleitet von dem schweren Glanzkobalt, (Kobaltin, Kobaltglanz,) *Marcasites eumorphicus*, ganz von dem Ansehen und Verhalten des skandinavischen, ferner von Kupferkies, Axinit, Quarz, und von den Zersetzungs-Producten jener Kiese, als Kobaltblüthe, Malachit, Kupferlasur und Pharmakolith. Noch kommt ein blaues zart angeflogenes Mineral mit vor, welches auf Arsensäure und Kupferoxyd reagirt. Die derben Massen und Drusen durchsetzen den Chloritschiefer, in der Nähe der Gänge

liegen aber im Nebengestein porphyrartig viele Krystalle, ganz nach Art des Mispickels auf einigen freiberger Gruben.

Der Glaukodot ist, mineralogisch, von dem Mispickel nur durch den stärker geschobenen Winkel des primären Prisma und durch die deutliche basische Spaltbarkeit zu unterscheiden. Er findet sich in der Gegend von Huasko, in der Richtung nach Valparaiso in Chile. Ich hatte Gelegenheit mehrere Centner der Erze zu sehen, und davon für die bergakademische Sammlung Musterstücke auszuwählen.

In dem Umstande, dafs hier Axinit als ein Begleiter kobalthaltiger Miner erscheint, und dafs sich auch derselbe zuweilen in den Kobaltgängen zu Schneeberg in Sachsen, welcher auf Axinit aufsitzt, und das beträchtliche spec. Gewicht 6,292 hat, einen Kobaltgehalt zu vermuthen, und wirklich hat Hr. Plattner darin 1 Proc. Kobalt nachgewiesen. Man mag mithin künftig auf die den Axinit begleitenden Kiese, in Betreff eines, möglicherweise nutzbaren Gehaltes an Kobalt, achten.

B. Chemische Untersuchung des Glaukodots, von C. F. Plattner.

Verhalten vor dem Löthrohre.

In einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre bis zum Rothglühen erhitzt, giebt das Mineral auf Kosten der in der Röhre eingeschlossenen atmosphärischen Luft Spuren von arseniger Säure; das eingelegte Bruchstückchen verliert seinen Glanz, verändert aber seine Form nicht.

In einer an beiden Enden offenen Glasröhre giebt ein hineingelegtes Bruchstückchen, nach und nach erhitzt, gasförmige schweflige Säure und ein Sublimat von krystallischer arseniger Säure.

Auf Kohle im Reductionsfeuer erhitzt, giebt das Mineral in Form eines Bruchstückchens Schwefel und Arsen ab, und schmilzt dann ruhig zur Kugel, die nach dem Erkalten eine schwarze rauhe Oberfläche, auf dem Bruche aber ein

ein feinkörniges speifsiges Ansehen besitzt und schwach dem Magnete folgt.

Wird die auf Kohle erhaltene Kugel mit Borax im Reductionsfeuer behandelt, so erfolgt eine starke Reaction auf Eisen; wird das durch Borax vom Eisen befreite arsenhaltige Metallkorn wiederholt mit neuen Portionen von Borax geschmolzen, so findet nur eine smalteblaue Färbung von Kobalt statt. Wird das Metallkorn, sobald es zu einer weiteren Behandlung mit Borax zu klein wird, mit reinem Golde zusammengeschmolzen und hierauf mit Borax fort behandelt, so bringen die letzten Spuren des Arsenmetalles in dem Boraxglase eine schwach braune Färbung von Nickel hervor, zum Beweis, dafs Spuren von diesem Metalle in dem Minerale enthalten sind.

Der Glaukodot verhält sich demnach vor dem Löthrohre wie ein stark eisenhaltiger Kobaltglanz.

Quantitative Bestimmung der einzelnen Bestandtheile.

1 Grm. des feingepülverten und bei 100° C. getrockneten Minerals (es enthält 0,3 Proc. Feuchtigkeit) wurde in Salpetersäure gelöst, wobei nach längerer Digestion ein wenig Schwefel zurückblieb, der Spuren von Quarz hinterliefs. Das Arsen wurde aus der sehr verdünnten Lösung durch Schwefelwasserstoffgas als Schwefelarsen ausgeschieden, in welchem auf bekannte Weise der Schwefel bestimmt, und das Arsen aus der Differenz zu 0,432 Grm. = 43,2 Proc. im Mineral, gefunden wurde.

Nachdem das Eisen, welches sich in der Auflösung als Oxydul befand, durch Abdampfen der Auflösung und durch Versetzen derselben mit chlorsaurem Kali wieder in Oxyd verwandelt war, und die aufgelösten Metalloxyde durch Zusatz von Schwefelsäure und Abdampfen der Flüssigkeit sich in schwefelsaure Metalloxyde umgeändert hatten, wurde aus der Auflösung derselben in Wasser, unter den vom Hrn. Rammelsberg angegebenen Vorsichtsmafsregeln, das Eisenoxyd durch kohlensaures Natron als basisch schwefelsaures Eisenoxyd ausgefällt und nach dem Aussüfsen durch

Ammoniak zersetzt. Das Eisenoxyd wog nach dem Glühen 0,170 Grm., welche 0,119 Grm. = 11,9 Proc. metallischen Eisens im Minerale entsprechen.

Aus der vom Eisenoxyd befreiten Auflösung wurde das Kobalt mit dem geringen Antheil von Nickel durch kohlensaures Natron ausgefällt. Das geglühte Oxyd wog 0,334 Grm. und würde, wenn man es als $Co^3 O^4$ zusammengesetzt betrachten wollte, 0,245 Grm. = 24,5 Procenten metallischen Kobalts im Minerale entsprechen. Zur genaueren Bestimmung dieses Metalles und zur Ermittelung des Nickelgehaltes wurden 50 Milligr. des geglühten Oxydes mit 150 Milligr. geschmolzenem, feingepülvertem arsensaurem Kali und 50 Milligr. Borax in einem Kohlentiegelchen mit Hülfe einer starken, reducirend wirkenden Löthrohrflamme schnell eingeschmolzen, und das Blasen mit dem Löthrohre so lange fortgesetzt, bis die alkalischen Zuschläge nach Angabe des Arsengehaltes in die Kohle eingedrungen waren und das gebildete Arsenkobalt mit dem Arsennickel sich zu einer einzigen Kugel vereinigt hatte [1]). Diese Metallkugel wurde hierauf für sich auf Kohle noch so lange mit einer mäfsig starken Reductionsflamme in flüssigem Zustande erhalten, bis eine Verflüchtigung von Arsen nicht mehr zu bemerken war, und das Arsenkobalt sich in Subarseniet (Co^2 As oder $Co^4 As^2$) verwandelt hatte. Das Metallkorn wog jetzt 60,8 Milligr. Es wurde auf Kohle der Verschlackung mit Borax ausgesetzt, um möglichen Falls den bei der qualitativen Untersuchung vor dem Löthrohre aufgefundenen, höchst geringen Gehalt an Nickel quanti-

1) Dieses Verfahren, die Oxyde von Kobalt und Nickel in Arsenikmetalle zu verwandeln, ist als eine Verbesserung des in der 2. Auflage meiner Löthrohr-Probirkunst S. 623 angegebenen Verfahrens zu betrachten. Es ist vom Hrn. Amalgamirprobirer Fritzsche in Freiberg vorgeschlagen und bei der Bestimmung des Kobalt- und Nickelgehaltes in den bei Analysen verschiedener Hüttenproducte auf nassem Wege gemeinschaftlich ausgeschiedenen Oxyden des Kobalts und Nickels, sowohl von ihm selbst, als auch von mir mehrfach schon mit Vortheil angewendet worden.

tativ bestimmen zu können; allein es zeigte sich auch hier nur eine unbestimmbare Spur von diesem Metalle.

Da nun 50 Milligr. des geglühten Oxydes 60,8 Milligr. Kobaltsubarseniet gaben, und für die Löthrohrprobe auf Kobalt in 100 Gewichtsth. dieser Verbindung 61 Gewichtsth. Kobaltmetall angenommen werden, so waren in den 60,8 Milligr. Kobaltsubarseniet 37,088 Milligr. Kobaltmetall enthalten; und es kommen demnach auf obige 0,334 Gramm Oxyd 50 : 37,088 = 0,334 : 0,24774 Gramm, oder auf 100 Gewichtsth. des Minerals 24,774 Gewichtsth. Kobalt incl. eine Spur von Nickel.

Der im Mineral enthaltene Schwefel wurde in einer andern genau abgewogenen Menge des Minerals durch Auflösen desselben in Salpetersäure unter Zusatz von Chlorwasserstoffsäure und chlorsaurem Kali, Fällen der gebildeten Schwefelsäure durch Chlorbaryum etc. bestimmt, und zu 20,210 Proc. gefunden.

Die Bestandtheile des Glaukodots sind demnach:

Schwefel	20,210
Arsen	43,200
Kobalt mit einer Spur von Nickel	24,774
Eisen	11,900
Spuren von Quarz	
	100,084.

Vergleicht man diese Bestandtheile mit denen des Kobaltglanzes, so scheint es allerdings beim ersten Anblick, als sey der Glaukodot ebenfalls nichts anderes als Kobaltglanz, und zwar ein solcher, in welchem ein nicht unbedeutender Theil des Kobalts durch Eisen ersetzt ist, wie diefs bei dem Kobaltglanz von Skutterud in Norwegen und von der Grube Philipps Hoffnung bei Siegen angenommen wird; schenkt man indessen dem Eisengehalte mehr Aufmerksamkeit, so kommt man, wie sich weiter unten ergeben wird, zu dem Resultat, dafs das Eisen zum Kobalt im Glaukodot in einem bestimmten Verhältnisse steht, und

dafs demnach dieses Mineral mit Berücksichtigung seines mineralogischen Verhaltens, als ein selbstständiges angesehen werden kann.

Mir sind nur zwei Analysen vom Kobaltglanz bekannt, durch welche die wahre Zusammensetzung dieses Minerals ermittelt ist, nämlich:

	1. Kobaltglanz von Skutterud in Norwegen nach Stromeier.	2. Kobaltglanz (jedoch nur als Schlich) von der Grube Philipps Hoffnung bei Siegen nach Hrn. Schnabel.
Schwefel	20,084	19,10
Arsen	43,461	44,75
Kobalt	33,101	29,77
Eisen	3,232	6,38
	99,881	100.

Beide Varietäten entsprechen der vom Hrn. von Berzelius aufgestellten Formel $Co S^2 + Co As^2$, oder, wenn man den Eisengehalt nicht unberücksichtigt lassen will, der Formel $(Co, Fe) S^2 + (Co, Fe) As^2$, die, wenn man nach Hrn. Breithaupt (Erdmann's und Schweigger-Seidels Journal, Bd. IV. Jahrgang 1835) Schwefel und Arsen isomorph setzt, auch $(Co, Fe) (S, As)^2$ geschrieben werden kann.

Da nun im Glaukodot dieselben Procente Schwefel und Arsen enthalten sind, wie im Kobaltglanz von Skutterud, auch die Summen der Procente von Kobalt und Eisen in beiden Mineralien mit einander übereinstimmen, so würde demnach auch der Glaukodot mit dieser chemischen Formel zu bezeichnen seyn. Sucht man indessen durch Rechnung auf, wie sich die Anzahl der Atome von den durch die Analyse aufgefundenen Bestandtheilen im Eisen, Kobalt, Schwefel und Arsen zu einander verhalten, so findet man folgendes Verhältnifs:

	Fe,	Co,	S,	As
	34 :	67 :	102 :	92, oder sehr nahe
wie	2 :	4 :	6 :	6

Hieraus ergiebt sich die Formel $2(Co\,S^2 + Co\,As^2) + (Fe\,S^2 + Fe\,As^2)$, welche eine Verbindung von $\frac{2}{3}$ Kobaltglanz und $\frac{1}{3}$ Arsenkies bezeichnet und folgender Zusammensetzung entspricht:

Schwefel	6 As	=	1200,0	= 19,40
Arsen	6 -	=	2812,5	= 45,46
Kobalt	4 -	=	1474,4	= 23,83
Eisen	2 -	=	700,0	= 11,31
			6186,9	100.

Setzt man Schwefel und Arsen isomorph, so läfst sich die Zusammensetzung des Glaukodots auch durch die chemische Formel $2Co(S, As)^2 + Fe(S, As)^2$ ausdrücken.

C. Bemerkungen von A. Breithaupt.

Während der Glaukodot, mineralogisch, dem gemeinen Mispickel äufserst nahe steht, ist er, chemisch, nur sehr wenig vom Glanzkobalt verschieden, und man sieht, wie hartnäckig $Fe\,S^2 + Fe\,As^2$ an seiner rhombisch-prismatischen Krystallisation fest hält. Hätte man die Mischung des Glaukodots in der Krystallisation des Glanzkobalts gefunden, so würde man einen solchen Körper gewifs nur als eine Abänderung des letztern, variirt durch den etwas höhern Eisengehalt, beurtheilt haben. Darum dürfte es nicht gewagt seyn, auszusprechen, *dafs die Substanz des Glanzkobalts dimorph sey.* Von diesem Mineral hat man überhaupt zur Zeit zu wenig chemische Analysen, vielleicht giebt es davon eine Abänderung, deren Beimischung an Eisen ebenso beträchtlich seyn könnte, als dieselbe im Glaukodot ist. Wirklich besitzt jenes Nüancen der Farbe und des specifischen Gewichts, welche darauf hindeuten.

Das der Glaukodot ein merklich geringeres Gewicht hat, als der Akontit oder Kobaltarsenkies von Skutterud, welcher 6,2 wiegt, von Hrn. Scheerer analysirt wurde und wofür dieser die Formel



$$3(Fe\,S^2 + Fe\,As^2) + (Co\,S^2 + Co\,As^2)$$

aufstellt, kann dadurch erklärt werden, dafs in jenem drei

Proc. Schwefel mehr und 2 Proc. Arsen weniger als in diesem enthalten sind.

II. Embolit oder Bromchlorsilber.

A. Mineralogische Bestimmung von A. Breithaupt.

Da das Mineral zwar nicht genau in der Mitte zwischen Silberhornerz und Bromsilber steht, aber mit beiden und mit dem Jodsilber, ein Genus, *Cerargyrites*, bildet; so schlage ich den Namen *Embolit, Cerargyrites Embolites* vor, nach *ἐμβόλιον*, das Eingeschobene. Die äufsern Kennzeichen sind:

Demantglanz,

Farbe, äufserlich oliven und spargelgrün, innen schwefelgelb bis zeisiggrün. (Frisch ausgeschmolzen ist es ebenfalls schwefelgelb.)

Primärform: Hexaëder. Nur in der Combination des Octaëders *O* mit dem Hexaëder *H* bekannt, doch sind die kleineren Flächen der letztern Gestalt nicht eben, sondern gekörnt und gerippt, wahrscheinlich auf ein hexaëderkantiges Ikositessaroëder hindeutend. Auch derb, eingesprengt und in Gangschnüren, spaltbar, hexaëdrisch in Spuren. Bruch, hakig.

Härte ungefähr 2. Vollkommen geschmeidig.

Specifisches Gewicht: 5,806, Breithaupt; das Ausgeschmolzene fand Hr. Plattner 5,789 von gelber und 5,790 von grüner Farbe, nach einer neuerlichen Probe auch etwas über 5,8. Nimmt man das spec. Gewicht des Bromsilbers nach Hrn. Karsten = 6,3 und das des Hornsilbers = 5,5, so findet eine gute Uebereinstimmung zwischen den Gewichten und den unten gleichfolgenden Mischungsmengen statt, denn, darf man sich nach den Atomen eine Berechnung des spec. Gewichts erlauben, so würde dasselbe 5,82 für den Embolit seyn.

Das Mineral, von welchem ich einige Exemplare der Güte des hier studirenden Hrn. Sewell verdanke, findet sich in der Grube Colorada zu Copiapo in Chile auf Gängen in einem sehr eisenschüssigen und deshalb schmuzig

roth und gelb gefärbten Kalkstein, welcher nach Hrn. Domeyko der Kreide-Formation angehören soll. Die Krystalle sitzen auf zart krystallisirtem Kalkspath; gediegenes Silber ist wieder darüber. Wirkliches Chlorsilber, Hornerz, findet sich ebenfalls zu Copiapo.

B. Chemische Untersuchung von C. F. Plattner[1]).

Die mit dem Mineral angestellte chemische Analyse ergab mir

66,862 Silber
20,088 Brom
13,050 Chlor.

Nach der Formel $2\,Ag\,Br + 3\,Ag\,Cl$, die man wegen der nahen Uebereinstimmung als vollgültig ansehen darf, berechnet, erhält man:

66,964 Silber
19,841 Brom
13,195 Chlor

C. Anmerkung von A. Breithaupt.

Es ist zu bezweifeln, dafs das reine Bromsilber an diesem Fundorte vorkomme; denn Hr. H. Th. Richter hat zahlreiche Versuche mit verschiedenen Stücken von Copiapo angestellt und stets neben dem Brom auch Chlor gefunden. Das Bromsilber, welches Hr. Berthier untersuchte, (diese Annalen Bd. 54) war von der Grube San Onofre im Districte Plateros in Mejico, und wird von Quarz, Weifsbleierz, Eisenoxyd und gediegen Silber begleitet. Es führt dort den Namen *Plata verde*, grünes Silber.

III. Lonchidit.

A. Mineralogische Bestimmung desselben von A. Breithaupt.

Unter dem Namen Kausimkies, welchen ich fallen lasse, hatte ich in der dritten Auflage meiner Charakteristik des

1) Hr. Prof. Plattner war bisher durch Kränklichkeit behindert, die Methode und den Gang seiner Analyse ausführlich niederzuschreiben, wird aber das Nöthige hierzu bald folgen lassen können.

Mineral-Systems einen Kies aufgeführt, den ich neuerlich erst gehörig kennen gelernt und genau untersucht habe. Nach den kleinen speerförmigen Krystallen habe ich ihm den obigen Namen gegeben, nach λογχιδιον d. i. ein kleiner Speer. Die äufseren Kennzeichen sind folgende:

Lebhafter Metallglanz.

Farbe zinnweifs, zuweilen bunt auch grünlich grau angelaufen. Strich schwarz. Ueberhaupt nach Glanz, Farbe und Strich in nichts von den gewöhnlichen Arsenkiesen verschieden.

Primärform: Domatisches Prisma, $P\breve{\infty} = 79^{\circ}\ 14'$ an der Endkante, $\infty P = 75^{\circ}\ 36'$ und $104^{\circ}\ 24'$. Der erste Winkel wurde direct durch Messung gefunden, der zweite aus der Neigung der domatischen Flächen zweier Individuen im Zwilling, welche $123^{\circ}\ 39'$ betrug, also die Neigung des Doma gegen das Prisma $= 61^{\circ}\ 49\frac{1}{2}'$, berechnet. Auch kommt $\frac{1}{2} P\breve{\infty}$ mit vor. Die Messungen waren völlig befriedigend. Die Krystalle sind stets Zwillinge und Drillinge vom Gesetze des Speerkieses. Die Spaltbarkeit ist primär-prismatisch ziemlich deutlich; basisch, undeutlich bis sehr undeutlich; Bruch, uneben. Sind die Krystalle nierenförmig zusammengehäuft, so findet zugleich eine büschelförmige auseinander laufend stängliche Zusammensetzung statt, und das Ganze zeigt die sogenannte Glaskopf-Structur.

Härte $= 7\frac{1}{4}$ bis $7\frac{3}{4}$.

Specifisches Gewicht = 4,925, 4,936, 4,938, 4,962, 5,001, in fünf Abänderungen.

Den Lonchidit kenne ich von drei Fundorten. Von Zeit zu Zeit ist er in kleinen Parthien auf der Grube Kurprinz Friedrich August zu Gros-Schirma bei Freiberg, stets auf Kupferkies sitzend und noch von Eisenkies, Eisenspath, Hornstein, Quarz etc. begleitet vorgekommen. Vor einigen Jahren fand ich ihn auf der Grube Sauschwart bei Schneeberg. Von Coaks Kitchen in Cornwall, ebenfalls über Kupferkies, lernte ich ihn in Zwillingen und Drillingen kennen, welche die Flächen eines sehr flachen Doma, entweder $\frac{1}{4} P\breve{\infty}$ oder $\frac{1}{3} P\breve{\infty}$, grofs ausgedehnt zeigen.

Das Mineral ist der Zerstörung durch Vitriolescirung ausgesetzt.

Obwohl es in chemischer Hinsicht dem rhombischen Schwefelkies d. i. dem Speerkies nahe steht, so kommt es, wenn wir den Winkel des Prisma ausnehmen, den Arsenkiesen in Rücksicht auf äufsere Kennzeichen viel näher.

B. Chemische Untersuchung des Lonchidit's von C. F. Plattner.

In einer an einem Ende zugeschmolzenen Glasröhre nach und nach bis zum Rothglühen erhitzt, sublimirt sich eine geringe Menge von Schwefelarsen, welches unter der Abkühlung gelb wird. Das durchgeglühte Probestückchen erscheint etwas dunkler von Farbe wie vorher und folgt dem Magnet.

In einer an beiden Enden offnen Glasröhre giebt er bei schwacher Hitze schweflige und arsenige Säure, bei stärkerer Hitze dagegen Schwefelarsen aus.

Auf Kohle mit der Reductionsflamme berührt, verflüchtigt sich Schwefel und Arsen, während das Probestückchen sich mit einem grünlich blauen Scheine umgiebt, und das Arsen durch den Geruch und durch den sich bildenden Beschlag von arseniger Säure erkannt wird. Ist ein gewisser Theil des Schwefels und alles Arsen fort, so schmilzt das Probestückchen ruhig zur Kugel, die unter der Abkühlung auf der Oberfläche krystallisirt und nach völligem Erkalten dem Magnete folgt. Während die Probe zur Kugel schmilzt, bildet sich noch ein geringer gelber Beschlag von Bleioxyd und ein weifser von schwefelsaurem Bleioxyd.

Wird eine kleine Menge des Kieses im gepülverten Zustande auf Kohlen abgeröstet, und die geröstete Probe mit Glasflüssen behandelt, so bekommt man folgende Resultate.

In Borax löst sich die geröstete Probe leicht auf und giebt im Oxydationsfeuer eine dunkelrothe Perle die unter der Abkühlung grün wird; wird diese Perle auf Kohle mit Zinn behandelt, so wird sie blaugrün. (Eisen und Kobalt.)

In Phosphorsalz löst sich die geröstete Probe ebenfalls leicht auf und giebt eine dunkelrothe Perle, die unter der Abkühlung grün und dann violett wird (Eisen und Kobalt); mit Zinn auf Kohle behandelt, wird sie unter der Abkühlung roth und undurchsichtig (Kupfer).

Durch eine Reductionsprobe mit einem Zusatz von Gold läfst sich, wenn das Gold dann mit Phosphorsalz behandelt wird, ebenfalls ein geringer Gehalt von Kupfer und Kobalt nachweisen.

Dieser Kies besteht demnach hauptsächlich aus Eisen und Schwefel, und enthält aufserdem noch eine merkliche Menge Arsen, sowie auch geringe Mengen von Kupfer, Kobalt und Blei.

Bei der quantitativen Bestimmung der einzelnen Bestandtheile ergab sich, dafs dieser Kies in 100 Gewichtstheilen enthält:

49,612	Theile	Schwefel
4,396	-	Arsen
44,225	-	Eisen
0,354	-	Kobalt
0,749	-	Kupfer
0,204	-	Blei
99,540.		

Wollte man für diese Verbindung eine chemische Formel entwerfen, so würde sie ungefähr aussehen wie: $(Fe S^2 + Fe As^2) + 24 Fe S^2$, worin im ersten Gliede ein Theil des Eisens durch Kobalt ersetzt ist, und man daher schreiben müfste:



$$[(Fe, Co) S^2 + (Fe, Co) As^2] + 24 Fe S^2$$

Dafs aber eine solche Formel nicht acceptirt werden würde, ist zu vermuthen.

Nach meinem ganz unmafsgeblichen Dafürhalten besteht der Lonchidit aus $\overset{''}{Fe}$, verbunden mit etwas Arsenkies $(Fe S^2 + Fe As^2)$ in welchem letzteren aber ein Theil des Eisens durch Kupfer und Kobalt ersetzt ist.

Da sich nun in mehreren Schwefelkiesen [1]) Schwefelarsen in kleinen, aber wahrscheinlich verschiedenen Mengen findet, so gewinnt diese Annahme auch an Wahrscheinlichkeit. In welchem Zustande das Kupfer im Lonchidit enthalten sey, ob als $\overset{\prime}{\bar{\mathrm{C}}\mathrm{u}}$ oder als $\overset{\prime}{\mathrm{Cu}}$, läfst sich nicht mit Bestimmtheit nachweisen. Da indessen angenommen wird, dafs $\overset{\prime}{\bar{\mathrm{C}}\mathrm{u}}$ isomorph mit $\overset{\prime}{\mathrm{Fe}}$ sey, so läfst sich auch annehmen, dafs ein Theil des $\overset{\prime\prime}{\mathrm{Fe}}$ durch $\overset{\prime}{\mathrm{Cu}}$ ersetzt werden könne; es wäre denn, dafs sich das Schwefelkupfer in Verbindung mit Schwefeleisen als eine bestimmte Verbindung darin befände, und zwar als Bundkupfererz von der Zusammensetzung $\overset{\prime}{\bar{\mathrm{C}}\mathrm{u}}^3 \overset{\prime\prime\prime}{\mathrm{Fe}}$.

IV. Konichalcit.

A. Mineralogische Bestimmung von A. Breithaupt.

Schon seit Jahren bemerkte ich unter den Malachiten der hiesigen methodischen Sammlung ein Exemplar, welches ich nie für Malachit gehalten. Ich hoffte immer noch irgend woher mehr von dem Mineral zu erlangen; jedoch bis jetzt ohne Erfolg. Als nun vor einiger Zeit Hr. F. W. Fritzsche ein neues Mineral chemisch zu analysiren wünschte, gab ich ihm jenes, an welchem ich erkannt hatte, dafs es eine neue Species von folgenden Eigenschaften sey:

Geringer Glasglanz.

Farbe, Mittel zwischen pistacien- und smaragdgrün, mehr das erstere. Strich, ebenso. An den Kanten durchscheinend.

Nierenförmig und in Gangtrümmern. Bruch, splittrig, in krystallinisch feinkörnige Zusammensetzung übergehend.

Spröde.

Härte $5\frac{1}{4}$ bis $5\frac{3}{4}$.

Specifisches Gewicht = 4,123.

Das Stück war mit einer Etikette versehen, worauf: „*Hinojosa de Cordova en Andalucia*“ stand. Es ist hiernach aus Spanien. Als einziger älterer Begleiter erscheint körniger Quarz in Hornstein übergehend.

1) Siehe den folgenden Aufsatz.

Der für das Mineral gewählte Name bezieht sich auf die chemische Mischung, in welcher gleiche Aequivalente von Kalkerde und Kupferoxyd auftreten; unter *κόνια* hat man jedenfalls Kalk verstanden.

B. **Chemische Untersuchung des Konichalcits von F. W. Fritzsche.**

Der Konichalcit ist bei dreimaliger Untersuchung in 100 Theilen zusammengesetzt gefunden aus:

	I.	II.	III.
Kupferoxyd	31,76	31,60	
Kalkerde	21,36	21,82	22,10
Arsensäure	30,68	32,41	
Vanadinsäure	1,78		
Phosphorsäure	8,81		9,10
Wasser	5,61	5,30	5,56

Hierzu mufs bemerkt werden, dafs bei I. die Phosphorsäure aus dem Verlust bestimmt wurde.

Der Sauerstoffgehalt ergiebt sich in

	I.	II.	III.
Kupferoxyd	31,76	6,40	6
Kalkerde	21,36	6,20	6
Arsensäure	30,68	10,66	}
Vanadinsäure	1,78	0,36	} 15
Phosphorsäure	8,81	4,93	}
Wasser	5,61	4,98	5

und es läfst sich die Formel $2\dot{Cu}^3\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}+\dot{Ca}^6\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}+5\dot{H}$ aufstellen, welche nach der Berechnung und wenn man die Vanadinsäure mit unter der Arsensäure begriffen nimmt, erfordert:

6	Atome	Kupferoxyd	31,58
6	-	Kalkerde	21,41
2	-	Arsensäure	30,57
1	-	Phosphorsäure	9,47
5	-	Wasser	5,97.

Anmerkung. Hr. Fritzsche vermuthet, dafs nicht nur das nun mehrfach bekannte Zusammenvorkommen der

Vanadinsäure mit Phosphorsäure und Arsensäure, sondern auch andere Umstände es wahrscheinlich machen, es werde jene diesen ähnlich zusammengesetzt seyn und die Formel $\dddot{V}$ erhalten. Es fehlt ihm nur an Material, um seinen Untersuchungen darüber die erforderliche Ausdehnung geben zu können.

XII. *Häufiger Arsengehalt in Eisenkiesen; von August Breithaupt.*

Nachdem Hr. Tripier Arsen im Sinter aus dem Wasser von Haman-Mescoutine gefunden hatte, wurde vom Hrn. Walchner in der Versammlung der Naturforscher zu Bremen, die von ihm sattsam erfahrene so wichtige Thatsache mitgetheilt, dafs die Okern, welche von eisenhaltigen Quellwassern abgesetzt werden, ziemlich allgemein auf arsenige Säure reagiren. Schon dadurch ist erwiesen, dafs sich Arsen in vielen Orten findet, wo man diefs nicht vermuthete. In Bezug auf die häufige Frequenz dieses Metalls führe ich neue Erfahrungen an.

Auf der Grube Kurprinz Friedrich August bei Freiberg kommt seit einigen Jahren ziemlich häufig ein Eisenkies vor, der eine etwas schönere gelbe Farbe, die sich selbst etwas dem Broncegelben nähert, zeigt, als anderer Eisenkies. Ich ersuchte Hrn. Plattner zu sehen, ob sich eine chemische Verschiedenheit nachweisen lasse und er fand — einen leicht wahrnehmbaren Arsengehalt. Es ist zwar schon bekannt gewesen, dafs manche Eisenkiese etwas Arsen enthalten, allein dafs diefs von so vielen Abänderungen dieses Minerals der Fall ist, wie ich zeigen werde und unter welchen besonderen Umständen er eintritt, war nicht bekannt. Wenn ein solcher Arsengehalt noch wenig unter $\frac{1}{2}$ Proc. beträgt — er steigt jedoch auch bis etwas über 1 Proc., — so wird er auf folgende Weise nachgewiesen. Bringt man Bröckchen des Eisenkieses in eine an einem

Ende offenes Glasröhrchen und erhitzt diefs über der Spirituslampe, so sublimirt sich anfangs blofs Schwefel und darauf, tiefer unten nach der Probe zu, Schwefelarsen. Nach dem Erkalten sind dann die beiden Sublimate durch gelbe und rothe Farbe wohl unterschieden.

Beschäftigt mit dem Zusammenvorkommen der Mineralien überhaupt und mit dem auf Gängen insbesondere, war es mir von grofsem Interesse den arsenhaltigen Eisenkies näher kennen zu lernen. Ich unterscheide von den Bleiglanz-Zinkblende-Gang-Formationen wenigstens drei, 1) eine pyritische, 2) eine klinoëdritische (Fahlerz führende) und 3) eine barytische (Schwerspath und Flufsspath führende) Blei- und Zink-Formation, welche letztere die jüngste ist. In der letzten nun ist der arsenhaltige Eisenkies vorzüglich einheimisch und auch sonst, wo er auf Schwerspath oder Flufsspath sitzend oder, auch ohne diese, in den Kobalt-Nickel-Gang-Formationen vorkommt.

Auf die beschriebene Weise habe ich überhaupt mit 74 Eisenkies-Abänderungen Versuche vorgenommen und niemals verfehlte ich den merklichen Arsengehalt in den angewendeten 57 Abänderungen aus den zuletzt genannten jungen Gang-Formationen. Hr. F. W. Fritzsche hat ebenfalls einige Abänderungen untersucht und dabei stets noch einen Gehalt von etwas Kobalt oder Kobalt und Nickel mit wahrgenommen.

Da bis jetzt *keine einzige Ausnahme* beobachtet worden, so vermuthe ich, dafs jener Gehalt in allen Eisenkiesen über Schwerspath und Flufsspath existire.

Bemerkenswerth scheint es mir, dafs die Eisenkiese, welche direct mit Arsenkies zusammen in der älteren Blei- und Zink-Formation vorkommen, die erwähnte Reaction nicht geben. Sollten sie Arsen enthalten, so müfste diefs in sehr kleinen Mengen seyn. Während ich die Fundorte nicht alle aufzählen will, wo in den Eisenkiesen der oben genannten Formationen, und namentlich über Schwerspath und Flufsspath, der Arsengehalt von mir nachgewiesen worden, will ich nur bemerken, dafs die Eisenkiese von Schnee-

berg namentlich von Sauschwart, von Marienberg namentlich von Junge drei Brüder im Kiesholze, und von Nagybanja in Siebenbürgen die Reaction am stärksten, die über Eisenspath vorkommenden von Lobenstein im Fürstenthum Reufs am schwächsten reagiren.

Siebenzehn jenen Formationen nicht angehörige Varietäten gaben die Reaction nicht, nämlich aus den Steinkohlen von Potschappel, aus dem grauen Conglomerat von Zwickau, aus dem Braunkohlengebirge von Littmitz in Böhmen, aus dem Glimmerschiefer von Hartmannsreuth bei Hof, aus dem Thonschiefer von Lehnsten im Thüringer Walde, von der Grube Hochmuth bei Geier, von Dillenburg im Herzogthum Nassau, von Grofs-Almerode in Hessen-Kassel, von Facebay in Siebenbürgen, von Traversella in Piemont, von der Insel Elba, und die übrigen sechs von Freiberger Gruben und deren Bauen in der älteren pyritischen Blei- und Zink-Formation, als von Himmelfahrt, Nachtigall etc.

Ueber die genannten Gang-Formationen ist das Weitere in der von mir so eben beendeten mineralogisch-chemisch-geologisch- und bergmännischen Schrift: „die Paragenesis der Mineralien, Freiberg bei Engelhardt" nachzusehen.

XIII. *Ueber die Krystallform der rhomboëdrischen Metalle, namentlich des Wismuths; von G. Rose.*

(Aus den Monatsberichten der Berl. Acad. 1849. April [1].)

Bekanntlich lassen sich die Krystallformen sämmtlicher Metalle aus drei Formen ableiten, nämlich dem regulären Octaëder, einem Rhomboëder von 86—88°, und einem Qua-

1) Die vollständige Abhandlung mit sämmtlichen Figuren wird in den Abhandlungen der Academie der Wissenschaften zu Berlin vom Jahre 1849 erscheinen.

dratoctaëder von 105° 47' (in den Endkanten). Zu den octaëdrischen Metallen gehören Gold, Silber, Kupfer, Blei; zu den rhomboëdrischen Antimon, Arsenik, Tellur; zu den quadratoctaëdrischen, so viel man bis jetzt weifs, nur das Zinn, bei welchem diefs von Miller nachgewiesen ist [1]). Das Wismuth wurde bisher zu den regulären Metallen gerechnet, diefs ist ein Irrthum; der Verfasser hat gefunden, dafs es rhomboëdrisch ist, und zu derselben Gruppe gehörte wie Arsenik, Antimon und Tellur; und dieser Umstand hat ihm Veranlassung gegeben, nicht allein die Formen des Wismuths genauer zu untersuchen, sondern auch die aller übrigen rhomboëdrischen Metalle, um sie mit denen des Wismuths vergleichen zu können.

1. *Antimon.* Der Verf. untersuchte sowohl die durch Schmelzung dargestellten künstlichen als auch die natürlichen Krystalle. Von ersteren erhielt er durch Güte des Hrn. Dr. Elsner, der sie dargestellt hatte, Präparate mit einer halben bis einer ganzen Linie grofsen Krystallen. Sie hatten alle die Form des Hauptrhomboëders R, wie diefs immer der Fall ist, wenn die Krystalle auf diese Weise dargestellt werden, waren aber öfter sehr vielfach in paralleler Stellung so zusammengruppirt, dafs dadurch Formen entstanden, die den gestrickten Formen des regulären Systems entsprechen. Die Krystalle, obgleich nur klein und nicht sehr glänzend, konnten indessen doch noch mit dem Mitscherlich'schen Reflexionsgoniometer gemessen werden. Der Verf. fand den Endkantenwinkel nach einem Mittel von 6 Messungen, wovon die gröfste Abweichung 2,17' betrug, 87° 35,3', wonach die Hauptaxe den Werth 1,3068 erhielt. Der gefundene Winkel weicht nicht sehr von dem Winkel 87° 39' ab, der sich aus den von Mohs beim natürlichen Antimon angestellten Messungen ableiten läfst, dagegen etwas mehr von dem Winkel von 87° 28', den Marx bei den künstlichen Krystallen gefunden hat. — Die Krystalle sind sehr vollkommen nach der geraden Endfläche, weniger nach den Endkanten spaltbar.

Die

1) Pogg. Ann. Bd. 58, S. 660.

Die natürlichen Krystalle sind aus derselben Grundform ableitbar, sind aber complicirter. Mohs hatte nur die Winkel der Spaltungsflächen der grofskörnigen Zusammensetzungsstücke von Chalanches gemessen; er beobachtete noch aufser den angegebenen Spaltungsrichtungen andere unvollkommnere nach den Flächen des ersten spitzeren Rhomboëders $2r'$ und dem zweiten sechsseitigen Prisma. In der neuern Zeit sind in den Andreasberger Gängen sehr complicirte Krystalle vorgekommen, von denen Hr. Fr. A. Römer in Clausthal die Güte hatte, dem Verf. einige für die Untersuchung zu schicken. Der interessanteste Krystall ist eine regelmäfsige Verwachsung von 6 Individuen, deren jedes eine Combination des Hauptrhomboëders R mit dem zweiten stumpfern Rhomboëder $\frac{1}{4}r$ und der geraden Endfläche c ist; die Flächen des ersteren gehen bis zu den Seitenkanten des Hauptrhomboëders, die Endflächen sind nur klein. Zwei solche Krystalle sind nach dem bei dem Rothgültigerze herrschenden Zwillingsgesetze mit einander verwachsen; sie haben eine Endkante in gleicher Lage und sind mit einer auf dieser rechtwinkligen Fläche verbunden; an den zwei freien Endkanten sind auf gleiche Weise 2 andere Rhomboëder angewachsen, so dafs also in die Ebene, worin zwei Rhomboëderflächen R der beiden ersten Individuen fallen, zugleich zwei Rhomboëderflächen von noch zwei andern Individuen fallen und diese Ebene also von den Hauptrhomboëderflächen von 4 Individuen eingenommen wird. Die Gränzen derselben gegeneinander sind durch kleine Furchen oder Linien bezeichnet und durch diese wird die Zwillingsbildung verrathen. Sonst sind die Winkel nicht mit Genauigkeit zu bestimmen, da die Flächen von $\frac{1}{4}r$ parallel der Combinationskante mit R gestreift, und die Flächen c nur klein sind [1]).

1) Vergl. die Zeichnung Taf. I. Fig. 22. Die Flächen des Hauptrhomboëders des ersten Individuums sind mit R_1, des zweiten mit R'_1, die an die zweiten und dritten Endkanten von R_1 angewachsenen Individuen sind mit R_2 und R_3, die an die zweiten und dritten Endkanten von R_1 angewachsenen Individuen mit R'_2 und R'_3 und ähnlich die Flächen von $\frac{1}{4}r$ und c der verschiedenen Individuen bezeichnet.

Die früher vorgekommenen Krystalle sind gewöhnlich nur Verwachsungen von 4 Individuen, entweder von der Art wie gewöhnlich beim Rothgültigerz, so dafs an die 3 Endkanten eines mittleren Rhomboëders 3 andere Individuen angewachsen sind, oder die Verwachsung ist ringförmig und die Individuen haben alle eine Fläche von *R* in gleicher Lage. Da bei dieser Gruppirung diese gemeinschaftliche Fläche *R* nur klein, die Flächen *c* dagegen grofs sind, so bilden diese Flächen eine 4 flächige Zuspitzung und die Gruppirung hat das Ansehen von einem aufgewachsenen regulären Octaëder.

2. *Arsenik.* Von diesem Metalle konnte der Verf. nur künstliche durch Sublimation dargestellte Krystalle messen. Die Krystalle sind tafelartige Combinationen von *R* mit der geraden Endfläche, zuweilen auch noch mit $\frac{3}{2}r'$ und haben 1 — 3 Linien Durchmesser; parallel der Endfläche sind sie überaus vollkommen und geradflächig spaltbar, noch vollkommner als Antimon, nach $\frac{1}{2}r'$ dagegen, ebenso wie Antimon, in dieser Richtung unvollkommen und mit gestreiften Flächen spaltbar. Gewöhnlich sind sie nach demselben Gesetze, wie das Antimon, zwillingsartig verbunden, nur sind die Krystalle bald mit einer Fläche von $\frac{1}{2}r'$, bald mit einer darauf rechtwinkligen Fläche verbunden, und also nur aneinander gewachsen; in anderen Fällen sind sie auch durcheinander gewachsen.

Die Krystalle sind alle schwärzlich-grau angelaufen, dessen ungeachtet aber noch, wenn auch nicht mit grofser Genauigkeit, mefsbar. Da aber die Krystalle so vollkommen nach der Endfläche spaltbar und gewöhnlich zwillingsartig verwachsen sind, so hat man durch Messung der Spaltungsflächen beider Individuen am Zwilling ein Mittel, die Krystalle mit grofser Genauigkeit zu bestimmen. Der Verf. fand jenen Winkel nach einem Mittel von 9 Messungen, wovon die gröfste Abweichung nur 1,38 betrug, 77° 0,78'. Hiernach berechnet sich der Winkel in der Endkante zu 85° 4' und der Werth der Hauptaxe zu 1,4025. Breithaupt hatte schon früher die Winkel des Arseniks ge-

messen. Er giebt den Winkel in der Endkante von *R* zu 85° 26′ an.

3. *Tellur.* Das gediegene Tellur kommt zu Facebay bei Zalathna in Siebenbürgen in den Drusenräumen von Quarz in Krystallen vor, die zwar nur äufserst klein, aber bei dem starken Glanze und der Glätte der Flächen doch recht scharf bestimmbar sind. Die Krystalle sind prismatisch, und stellen Combinationen des ersten sechsseitigen Prisma mit dem Hauptrhomboëder *R*, dem Gegenrhomboëder *r* und der geraden Endfläche *c* dar; bei der Kleinheit dieser Krystalle, sowie auch der geringen Gröfse der Zusammensetzungsstücke der derben Massen, in welchen das Tellur gewöhnlich vorkommt, waren die Spaltungsflächen nicht zu beobachten. Die Neigung von *R* zur Seitenfläche fand der Verf. nach einem Mittel von 10 Messungen, wobei die gröfste Abweichung 1,4′ betrug, 146° 55,6. Hiernach beträgt der Winkel von *R* in der Endkante 86° 57′ und der Werth für die Hauptaxe wird 1,3298.

W. Phillips, der den vom Verf. gemessenen Winkel schon früher bestimmt hat, giebt ihn von 147° 36′ an.

Künstlich kann man durch Schmelzung das Tellur sehr leicht wie das Antimon krystallisirt erhalten. Der Verf. verdankt dem verstorbenen Bergrath Wehrle in Schemnitz deutliche Krystalle der Art; sie hatten genau die Form und Gröfse der künstlich dargestellten Antimonkrystalle, doch waren ihre Flächen weniger glänzend, daher die Messung nicht genau seyn konnte. Sie gab für den Endkantenwinkel 85—86°, so dafs daraus doch hervorgeht, dafs die Grundform bei den künstlichen und natürlichen Krystallen des Tellurs dieselbe ist. Bei diesen künstlichen Krystallen, da sie gröfser waren, wie die natürlichen, konnten aber Spaltungsflächen deutlich wahrgenommen werden; doch wurden sie nur parallel der Flächen des sechsseitigen Prisma und der geraden Endfläche wahrgenommen, so dafs sich also das Tellur hierin verschieden von dem Antimon und Arsenik verhält. Die erstern Spaltungsflächen sind sehr deutlich, die parallel der Endfläche ist nur unvollkommen.

Ob sich auch eine Spaltbarkeit nach $\frac{1}{2}r'$ findet, konnte der Verf. nicht entscheiden.

4. *Wismuth.* Das Wismuth kommt in der Natur nicht deutlich krystallisirt vor, doch öfter derb mit grobkörnigen in mehreren Richtungen deutlich spaltbaren Zusammensetzungsstücken. Die Spaltungsflächen gehen darin parallel der geraden Endfläche, und parallel $\frac{1}{2}r'$ und $2r'$; die Spaltbarkeit nach der erstern Fläche ist eben so vollkommen, aber die Spaltungsfläche selbst auch eben so wenig glattflächig wie beim gediegenen Antimon, die Spaltbarkeit nach $2r'$ ist etwas unvollkommener als nach c, doch viel deutlicher als nach $\frac{1}{2}r'$ beim Antimon.

Durch Schmelzung kann man, wie Quesneville gezeigt hat, das Wismuth in sehr grofsen und schönen Krystallen darstellen, die oft Zollgröfse haben, wenn gleich ihre Flächen nicht sehr glattflächig sind und gewöhnlich trichterartige Vertiefungen zeigen. Sie sind immer nur das einfache Hauptrhomboëder, wie die künstlichen Krystalle des Antimons und Tellurs, zuweilen in der Richtung einer Endkante verlängert.

In diesem Falle sind sie aber gewöhnlich Zwillingskrystalle; die Individuen sind, wie bei allen rhomboëdrischen Metallen, mit $\frac{1}{2}r$ verbunden und erscheinen nun als rhombische Prismen von ungefähr 87—88°, die an den Enden mit einer flachen Zuschärfung von ungefähr 173° versehen sind.

Die Spaltbarkeit ist bei diesen künstlichen Krystallen wie bei den natürlichen. Da die Krystalle wohl grofs, aber nicht recht glattflächig sind, so hält es schwer solche zu finden, die sich zu einer nur etwas genauen Messung eignen. Diefs gelingt auch nur bei den kleineren, und hier fand der Verf. den Winkel in der Seitenkante nach einem Mittel von 5 Messungen, wobei die gröfste Abweichung aber schon bis zu 1,85′ stieg, 92° 20,3′. Hiernach beträgt aber der Winkel in der Endkante 87° 39,7′, die flache Zuschärfung an dem Zwillingskrystall, welche von einer Fläche von R des einen Individuums und einer andern Fläche von

R des andern Individuums gebildet wird, 173° 16′, und der Werth der Axe wird 1,3035.

Früher hielt man diese Krystalle für Hexaëder, und die Spaltungsflächen nach der geraden Endfläche und dem ersten spitzern Rhomboëder 2*r′* für unter einander gleich und für Spaltungsflächen nach dem regulären Octaëder. Auch sind diese Winkel weder unter einander, noch von denen des regulären Octaëders sehr verschieden; denn die Winkel der Spaltungsflächen des Wismuths von 2*r′* gegen *c* betragen 108° 23′, von 2*r′* gegen 2*r′* in den Seitenkanten 110° 33′, des regulären Octaëders 109° 28′; ebenso weichen die Winkel von *R* von denen des Hexaëders auch nur wenig ab, daher eine Verwechselung ohne Messung der Krystalle wohl möglich war. Der ausspringende Winkel der Zwillingskrystalle, der auch den Verf. erst aufmerksam machte, war übersehen.

5 und 6. *Iridium* und *Osmium*. Iridium kommt mit Osmium in der Natur in mehreren und, wie es scheint, stets bestimmten Verhältnissen mit einander verbunden vor. Man kennt durch die Analysen von Berzelius Verbindungen von 1 Atom Iridium mit 1, 3 und 4 Atomen Osmium. Alle diese Verbindungen haben aber, wie der Verf. bei einer früheren Gelegenheit gezeigt hat, ein und dieselbe Krystallform, woraus sich ergiebt, dafs auch das reine Iridium und das reine Osmium dieselbe Form wie die in der Natur vorkommenden Verbindungen von Iridium und Osmium haben müssen.

Das Osmium-Iridium findet sich in der Natur in regulären sechsseitigen Tafeln, zuweilen mit den Flächen eines Hexagondodecaëders als Abstufungsflächen der Endkanten. Die Winkel desselben in den Endkanten betrugen 127° 36′, in den Seitenkanten 124°. Hiernach sind die Endkanten dieses Hexagondodecaëders gegen die Axe unter einem Winkel von 31° 33′ geneigt und die abwechselnden Endkanten würden von einem ebenso geneigten Rhomboëder abgestumpft werden, das von dem Rhomboëder des Arseniks, dessen Flächen unter einem Winkel von 31° 42′ ge-

gen die Axe geneigt sind, nur wenig verschieden ist. Man kann daher ein Rhomboëder, ähnlich wie es bei dem rhomboëdrischen Metallen vorkommt, als Grundform des Osmiums und Iridiums betrachten, von welchem das vorkommende Hexagondodecaëder nun eine abgeleitete Form ist. Die Winkel der Endkanten dieses Rhomboëders betragen nach den bei den Hexagondodecaëder gefundenen Winkeln 84° 52′, die Axe erhält hiernach den Werth 1,4105, und der Ausdruck des Hexagondodecaëders wird ($\frac{3}{2} a : \frac{3}{4} a : \frac{3}{2} a :$ c.).

Die Krystalle sind nach der geraden Endfläche sehr vollkommen spaltbar, aber die Spaltungsflächen bei der grofsen Härte des Osmium-Iridiums immer nur schwer zu erhalten. Andere als diese Spaltungsflächen sind nicht beobachtet.

7. *Palladium.* Das Palladium ist von Zinken in kleinen fast mikroskopischen silberweifsen sechsseitigen Tafeln auf Gold aufsitzend zu Tilkerode am Harz gefunden worden. Bei der Kleinheit der Krystalle haben die Winkel derselben nicht gemessen werden können, wahrscheinlich jedoch sind die Tafeln regulär und auch aus einem Rhomboëder ähnlich denen der übrigen rhomboëdrischen Metalle abzuleiten, was indessen erst mit Gewifsheit ausgemacht werden kann, wenn gröfsere Krystalle mit gegen die Axe geneigten Flächen gefunden werden.

Aus dem Angeführten geht hervor, dafs es sieben unter einander isomorphe rhomboëdrische Metalle giebt, die nach dem Zunehmen der Endkantenwinkel geordnet, folgende sind:

Osmium mit einem Rhomboëder von	84°	52′
Iridium - - - -	84	52
Arsenik - - - -	85	4
Tellur - - - -	86	57
Antimon - - - -	87	35
Wismuth - - - -	87	40
Palladium - - - -	unbestimmt.	

Iridium und wahrscheinlich auch Palladium sind wie der Verf. schon früher gezeigt hat, dimorph, indem sie auch in Hexaëdern vorkommen, und so möchten auch wohl alle übrigen rhomboëdrischen und octaëdrischen Metalle isodimorph seyn.

Sehr merkwürdig aber ist die Uebereinstimmung dieser rhomboëdrischen Metalle in Rücksicht der Form mit gewissen Oxyden die 3 Atome Sauerstoff auf 2 Atome Basis enthalten, wie namentlich mit dem Eisenoxyd (Eisenglanz), dem Chromoxyd, der Thonerde (*Corund*) und dem Titaneisenerz (Eisenoxyd und Titanoxyd) und diese Uebereinstimmung wird noch gröfser, als es auch unter diesen Oxyden solche giebt, deren Formen zum regulären Krystallisationssystem gehören, wie das Antimonoxyd, Telluroxyd und die arsenichte Säure. Man hat also auch bei diesen Oxyden dieselben zwei Reihen mit octaëdrischen und mit rhomboëdrischen Formen wie bei den Metallen, aber sonderbarer Weise gehören die Oxyde zur octaëdrischen Reihe, deren Metalle zur rhomboëdrischen Reihe gehören.

Was nun noch das Wismuth betrifft, so weist noch der Verf. nach, dafs, wie es im einfachen Zustande mit dem Antimon isomorph ist, es auch in seiner Verbindung mit Schwefel als Wismuthglanz, mit dem aus gleicher Atomenzahl bestehenden Schwefelantimon, dem Antimonglanz isomorph ist. Es ist schwer, mefsbare Krystalle von Wismuthglanz zu finden, doch kommen sie zu Gillebeck bei Drammen in Norwegen vor, und diese haben nach den Messungen des Verf. dieselbe Krystallform wie der Antimonglanz, was auch schon aus den Phillips'schen Messungen des künstlichen Schwefelwismuths hervorgeht. Für die übrigen Folgerungen, die der Verf. aus seinen Untersuchungen zieht, mufs auf die Abhandlung selbst verwiesen werden.

XIV. *Beitrag zur Hygrometrie; von Hrn. G. Lefebvre.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXV. p.* 110.)

Bei Anstellung einiger Analysen der Luft hatten wir uns vorgenommen die Absorption des Wassers durch austrocknende Apparate zu benutzen, um den hygrometrischen Zustand dieser Luft kennen zu lernen, die wir hauptsächlich in Bezug auf die Kohlensäure studiren wollten. Das Absorptions-Hygrometer ist das genaueste, und mit ihm werden alle übrigen verglichen; allein, wie einfach man es auch einrichte, so erfordert doch ein Versuch mit ihm viel Zeit, und dadurch wird dieses Hygrometer nicht zu Versuchen geeignet, die erst durch ihre Vervielfältigung Werth bekommen.

Im Allgemeinen setzt man wenig Vertrauen in die Hygrometer, die in der That nicht alle nöthigen Bedingungen zur Erlangung sicherer Resultate darbieten. Allein sollte man die Fehler, zu welchen uns diese Instrumente verleiten, nicht kennen lernen können? und wenn man die Gefahr kennt, ist sie auch leicht zu vermeiden.

Wir studirten also den Gang zweier Hygrometer, des Daniell'schen und des Regnault'schen [1]) vergleichungsweise mit den Resultaten des chemischen Hygrometers. Unser Apparat bestand aus einem Ballon von 4,278 Litr., der unten zu einer Spitze ausgezogen und daselbst mit einem Hahn versehen war (Taf. I. Fig. 12). Im Ballon hing ein Quecksilberthermometer, das Fünftel eines Grades angab. Die aufgesogene Luft stammte aus dem nördlichen Hofe der *Faculté de Médecine* her; sie ging, ehe sie in den Ballon eintrat, durch zwei grofse *U*-förmige Röhren, gefüllt mit von Schwefelsäure getränktem Bimstein und durch ein Proberohr (*témoin*).

1) Ann. Bd. 65, S. 338. P.

Im Uebrigen befolgten wir die Vorsichtsmafsregeln, welche Hr. Regnault in seiner Abhandlung über die Hygrometrie angegeben hat [1]), und mittelst der von ihm gegebenen Formel berechneten wir den hygrometrischen Zustand der Luft.

Was die Condensations-Hygrometer betrifft, so beschreiben wir sie hier nicht; wir sagen blofs, dafs wir es beim Hygrometer des Hrn. Regnault zeitsparender fanden, den Aether durch einen eingeblasenen Luftstrom verdampfen zu lassen. Wir trafen blofs die Vorsicht ein mit Bimstein gefülltes *U*-Rohr einzuschalten, um den Wasserdampf aufzufangen, der sich in den Röhren verdichtet und sie zuletzt verstopft oder beschmutzt hätte.

Wir haben auch an die Oeffnung, zu welcher die mit Aetherdampf beladene Luft austritt, eine lange Röhre angesetzt, damit nicht diese Luft sich mit dem atmosphärischen Wasserdampf vermische. Endlich haben wir vor dem Thermometer eine Linse angebracht, um aus ziemlicher Entfernung beobachten zu können und vom Einflufs unserer eigenen Wärme nichts besorgen zu dürfen.

Was den Moment der Erscheinung des Thaus betrifft, so kann nur Uebung ihn mit Genauigkeit zu bestimmen lehren. Wir sagen nur, dafs es uns bequemer schien, hinter dem Silberwürfel ein hellgraues Papierblatt aufzustellen, da dieses dem Silber eine constante Farbe ertheilt, was nicht der Fall ist, wenn dahinter ein Raum ist, dessen Farbe mit dem Zustand des Himmels wechselt. Wir trafen auch die Vorsicht, aus dem Erscheinen und Verschwinden des Thaus das Mittel zu nehmen.

Bei hoher Temperatur liegen diese Puncte wenig auseinander; ist die Temperatur aber niedrig, so ist der Unterschied gröfser. Diefs Resultat geht aus unseren im August angestellten Beobachtungen hervor und wird durch die im November gemachten bestätigt.

Wir haben erkannt, dafs das Erscheinen des Thaus sich

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XV. p.* 129. (Ann. Bd. 65. S. 135 u. 321.)

immer dem vom chemischen Hygrometer angegebenen Feuchtigkeitszustand mehr nähert als das Verschwinden desselben.

In folgender Tafel stellen wir unsere Beobachtungen zusammen:

Versuch No.	Feuchtigkeitszustand nach d. Erscheinen des Thaus.	Feuchtigkeitszustand nach d. Verschwinden des Thaus.	Mittel aus beiden Beobachtungen.	Chemisches Hygrometer.	Aeufsere Temperatur.	Wetter.
1	45,92	46,32	46,12	46,07	23°,8 C.	Bedeckt
2	50,31	50,72	50,51	50,64	24 ,0	Regen
3	58,00	58,49	58,24	57,93	23 ,8	Regen
4	62,72	63,50	63,11	62,51	22 ,6	Regen
5	68,27	69,12	68,69	69,78	22 ,3	Regen
6	63,04	63,51	63,27	62,98	24 ,0	Bedeckt
7	77,17	78,00	77,58	76,83	19 ,9	Viel Regen
8	79,81	80,02	79,91	79,21	19 ,3	Regen
9	73,90	74,17	74,03	73,90	19 ,8	Regen
10	65,11	66,00	65,55	64,98	18 ,4	Schön
11	53,88	54,16	54,02	54,63	19 ,2	Wolkig
12	32,04	32,21	32,12	34,04	22 ,0	Wolkig
13	63,12	63,96	63,54	62,78	17 ,5	Regen
14	56,42	57,31	56,86	56,58	17 ,3	Wolkig
15	44,72	45,70	45,21	45,14	20 ,7	Wolkig

Untersuchen wir einerseits die Unterschiede zwischen den Resultaten des chemischen Hygrometers und des Regnault'schen Condensations-Hygrometers und erwägen andererseits die Bequemlichkeit des letzten Instruments, welches weder Waagen noch Glasgeräthe erfordert, so werden wir uns leicht zu dem Schlufs entscheiden, dafs dieses sehr gute Anzeigen zum Studium des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre liefern könne.

Aus den in der Tafel angegebenen Resultaten ersieht man, dafs das Erscheinen des Thaus immer ein Resultat giebt, das dem des chemischen Hygrometers am nächsten kommt. Indefs sichert der Mittelwerth am meisten gegen Irrthümer. Es ist diefs jedoch nicht die einzige Probe, welcher wir das Condensations-Hygrometer unterworfen haben; wir haben auch seinen Gang verglichen mit dem gleichzeitigen zweier chemischen Hygrometer.

Zwei chemische Hygrometer, ähnlich dem Fig. 13. Taf. I. abgebildeten, schöpften die Luft an einem und demselben Ort (auf dem nördlichen Hof der *Ecole de Médecine*). Ein Condensations-Hygrometer war am Fenster aufgestellt. Da das Ausfließsen der Aspiratore der chemischen Hygrometer wenigstens eine halbe Stunde erforderte, so beobachtete man das Condensations-Hygrometer zu Anfange, in der Mitte und gegen das Ende des Versuchs. Wir geben hier den Mittelwerth dieser drei Beobachtungen und vergleichen damit die beiden chemischen Hygrometer.

No. der Versuche.	Chemische Hygrometer		Condensations-Hygrometer.	Wetter.
	No. 1.	No. 2.		
1	36,08	36,15	36,71	Bedeckt
2	40,85	40,27	41,07	do.
3	41,48	41,79	42,90	do.
4	46,01	46,17	46,11	do.
5	63,55	64,10	64,70	do.
6	58,64		57,12	do.
7	46,05	46,41	46,31	Wolkig
8	44,89	44,72	44,08	do.
9		43,48	42,51	Bedeckt
10	46,37	46,41	47,01	Regen
11	74,41	74,41	74,90	Bedeckt [1])
12	57,20	56,89	56,17	do.

Alle aufgeführten Resultate sind, wie uns scheint, hinlänglich übereinstimmend, um dem Condensations-Hygrometer des Hrn. Regnaults Zutrauen zu verschaffen. Nachdem wir es studirt, haben wir mit ihm auch das Daniell'sche verglichen, aber die Resultate sind dermaſsen abweichend, daſs wir es für unnütz halten, sie hier beizubringen.

Jetzt nachdem wir das Regnault'sche Hygrometer durch Versuche bewährt gefunden, werden wir uns desselben zur Anstellung täglicher Hygrometer-Beobachtungen bedienen und die Resultate davon später mittheilen.

1) Temperatur sehr niedrig, 16°,5 C.

XV. *Ueber die Höhe der Wolken;* *von Hrn. A. Bravais.*

(*Ann. de chim. et de phys., Ser. III, T. XXIV, p.* 497.)

Die im Octoberheft 1848 der *Ann. de chimie et de physique* enthaltene Notiz von Hrn. Prof. Wartmann [1]) giebt mir Veranlassung ein schon 1842 zu Lyon von mir angewandtes Verfahren zur Messung der senkrechten Höhe der Wolken über dem Erdboden auseinander zu setzen. Theoretisch weicht diefs Verfahren nicht von dem des Hrn. Wartmann ab; allein in der Anwendung ist es bedeutend verschieden, und gerade diese Verschiedenheiten machen es practisch.

Ich setze zuvörderst die Note hieher, welche Hr. Quetelet nach meinen Mittheilungen, in die *Mémoires de l'academie de Bruxelles, T. XVI.* 4°. *append. p.* 95 eingerückt hat.

„Ich stelle, sagt Hr. Bravais, an einem hoch gelegenen Ort, auf einem der Thürme der Sternwarte, ein graduirtes Instrument auf, dessen Limbusebene vertical ist. Winkelrecht an dieser Ebene ist eine rectanguläre Glasplatte befestigt; die untere Fläche derselben ist geschwärzt, die obere horizontale ist dem Zenith zugewandt, und sie sendet mir durch schiefe Reflexion ein Bild der Wolken. In Richtung des in mein Auge gelangenden Gesichtsstrahls und im Azimut des Limbus des Instruments befindet sich, in schiefem Abstande von etwa 40 Meter, ein Behälter mit Wasser, das mir ebenfalls ein Bild der Wolken zusendet. Das Geschäft des Beobachters besteht nun darin, dafs er mittelst einer Stellschraube die seinem Auge benachbarte Glasplatte um eine horizontale (gegen den Limbus winkelrechte) Axe dreht und um einen kleinen Winkel, den ich ϖ nennen werde, neigt. Man bringt die Bilder zur Coïncidenz, in ähnlicher Weise wie bei der Beobachtung mit einem Sextant. Der Winkel zwischen dem Horizont und dem vom Rande

1) Es ist die in den Ann. (1842) Bd. 56, S. 635 mitgetheilte. P.

der Wolke auf das Wasser des Behälters gefallenen Lichtstrahl ist eine constante und bekannte Gröfse. Ich will ihn k nennen; sein Werth ist hier 34° 45′. Die drei Winkel des Dreiecks, gebildet von der Wolke, dem Behälter und der Glasplatte, sind bekannt. Der Winkel an der Wolke sey 2ω; der Winkel, dessen Scheitel auf der Glasplatte liegt, ist $2k - 2\omega$. Nennt man endlich h die senkrechte Höhe der Glasplatte über dem Wasserbehälter und H die Höhe der Wolke über diesem Behälter, so findet man leicht

$$H = \frac{h \sin(2k - 2\omega)}{\sin 2\omega}.$$

„Die Gröfse h ist constant, ihr Werth ist 21,8 Meter. Daraus ergiebt sich H. Ich halte es für überflüssig, die Vorsichtsmafsregeln zu zergliedern, die ich anwende, um den von der Spiegelfläche mit dem Horizont gebildeten Winkel ω mit Genauigkeit zu bestimmen. Es hält schwer, diesen Winkel ω bei jeder einzelnen Beobachtung über 1 Minute genau zu messen, allein wenn man das Mittel aus mehren Beobachtungen nimmt, erreicht man, unter günstigen Umständen, eine Genauigkeit von 30 bis 45 Sekunden. Im Allgemeinen variirt dieser Winkel von 3 bis 25 Minuten und selbst darüber hinaus“.

„Sey nun n die Zahl von Sekunden, welche das Bild der Wolke im Behälter gebraucht, um auf der Oberfläche des Wassers in diesem Behälter eine Länge l zu durchlaufen. Das Auge des Beobachters mufs während dieser neuen Beobachtung unbeweglich bleiben oder wenigstens dem Bilde folgen, indem es durch eine kleine unverrückbare Oeffnung sieht. Sey h' die gemessene Höhe dieser Oeffnung über der reflectirenden Fläche, so wird die Geschwindigkeit der Wolke pro Sekunde offenbar seyn:

$$l\,\frac{(H + h')}{n h'}.$$

„Um l und n leicht zu messen ziehe ich vor, einen *künstlichen Horizont* von gewöhnlicher Form anzuwenden und

darin das Bild der Wolke, das eine Chorde l beschreibt, zu betrachten; letztere ist leicht gemessen. Durch dieselbe Beobachtung finde ich leicht das Azimut der Bahn der Wolke mit Genauigkeit".

„Bei allen diesen Rechnungen vernachlässige ich, als sehr erlaubt, die Krümmung des Erdbodens und die terrestrische Refraction".

Ich will die vorstehenden Angaben durch einige Bemerkungen vervollständigen. Der Apparat, dessen ich mich bediene, ist ein alter Quadrant von ungefähr 1 Meter Radius, der Lyoner Sternwarte gehörig. Als flüssigen Refractor nehme ich Wasser, dem ich etwas Dinte eingerührt habe. Die Oberfläche des Wassers bildet ein Rechteck von 2 Meter Länge und 1 Meter Breite; seine gröfsere Dimension ist parallel der Vertical-Ebene, in welcher ich das Bild der Wolke beobachte.

Das Erste zu thun war, die Lage zu suchen, welche die Glasplatte vollkommen horizontal machte. Dazu bediente ich mich eines sehr entfernten Gegenstandes, z. B. der Sonne oder eines Sterns; allein da bei der Reflexion von der Wasserfläche das Gesichtsfeld sehr beschränkt gewesen wäre und ich zu lange gewartet haben müfste, um die beabsichtigte Verification vornehmen zu können, so vermied ich diefs mittelst eines grofsen Kübels voll geschwärzten Wassers, welches ich 1 oder 2 Decimeter unter dem Wasser aufstellte. Die Flüssigkeit des Kübels vertrat alsdann das Wasser des Behälters, allein blofs für diese Beobachtung. Vermöge dieses Ersatzes hatte ich aufser dem Vortheil eines sehr ausgedehnten Gesichtsfeldes noch den eines Unterschiedes im Niveau der beiden reflectirenden Flächen, der klein genug war, um vernachlässigt werden zu können, nicht allein im Fall, wo die Beobachtung an der Sonne oder einem Stern geschah, sondern auch in demjenigen, wo ich die Horizontalität der Glasplatte an Wolken regelte, was auszuführen möglich ist, sobald die Ränder dieser hinreichend scharf sind. Der sonach am Limbus des Kreises bestimmte Ausgangspunkt des veränderlichen

Winkels ω veränderte sich übrigens in der Reihe der Beobachtungen nur sehr wenig. Was die Rechtwinklichkeit der Glasplatte gegen die Verticalebene des Limbus betrifft, so wurde sie mittelst Schrauben bewerkstelligt, ganz in derselben Weise wie diefs an den Marinekreisen geschieht.

Ich beharre nicht auf die Nothwendigkeit der Anwendung eines Verfahrens, dessen Strenge unabhängig ist von der Beweglichkeit des Gegenstandes. Offenbar ist diefs die schwache Seite der Methode des Hrn. Wartmann und sicher würde derselbe bald selbst diefs einsehen, wenn er die Methode der Controle des Versuchs unterwürfe.

Ich erlaube mir noch zwei Ausstellungen. Hr. Wartmann empfielt als Ocular eine Platte mit einem kleinen Loch; allein ersichtlich ist, dafs eine solche Platte den für diese Untersuchungen sehr grofsen Uebelstand mit sich führt, die Helligkeit des Objectes zu verringern. Aus demselben Grunde müssen alle stark vergröfsernde Fernröhre verbannt werden.

Unter den aus meinen Beobachtungen abgeleiteten Resultaten haben einige Interesse für die Meterologie. Am 21. Juni 1842 flogen Cumuli, getrieben von Südwestwind, mit der entsetzlichen Geschwindigkeit von 34 Meter in der Sekunde über die Stadt Lyon hinweg [1]). Gewitter und Wasserhosen (*trombes*) begleiteten diesen für unser Klima anomalen Zustand der Atmosphäre. Zur selben Zeit hielten sich leichte Cirrhi in einer lothrechten Höhe von etwa 10000 Meter fast unbeweglich. Bei einer so bedeutenden Höhe wie die letztere, war es unmöglich, den Werth derselben genauer als bis etwa ein Achtel zu erhalten; allein man kennt die mittlere Höhe der Cirrhi so wenig, dafs diese Annäherung schon bemerkenswerth ist. Ich habe niemals Wolken angetroffen, deren Höhe entschieden über 10000 Meter gewesen wäre.

1) *Mém. de l'acad. de Bruxell. T. XVI. App.* 4. *p.* 55.

XVI. *Schneeberge im östlichen Afrika.*

Hr. Rebmann, von der *Church Missionary Society's East Africa Mission,* hat kürzlich einen Bericht von seiner Reise ins Innere von Afrika eingesandt. Ungefähr 100 engl. Meilen gerade westlich von Mombas, unter 4° südl. Breite, kam er an den Fufs eines hohen Tafellandes und sah vor sich einen mächtigen Berg, Namens *Kilimandjáro,* dessen Gipfel mit ewigem Schnee bedeckt ist. Die Höhe dieses Berges kann schwerlich unter 20,000 Fufs engl. seyn. Aus andern Nachrichten erfahren wir, dafs über ihn der Weg in die Landschaft *Mono-Moezi* führt. Nun heifst *Moezi* in den Sprachen dieser Gegend *Mond* und daher ist es nicht unwahrscheinlich zu schliefsen, dafs der Kilimandjáro-Berg einen Theil des *Mondgebirges* ausmacht, in welches Ptolemäus die Quellen des Nils verlegt und aus Schnee entstehen läfst, der sich in den See'n des Flusses ansammelt (*Philosoph. Magaz.* 1849. Mai. p. 389).

Hienach wären denn die vom Vicekönig von Aegypten, Mehemed Ali, den Nil aufwärts veranstalteten Expeditionen noch sehr weit von den Quellen des Flusses entfernt geblieben. Denn die zweite derselben, vom November 1840 bis April 1841, die am weitesten nach Süden gelangte und von unserem Landsmann Werne als Freiwilliger mitgemacht wurde, erreichte nur 4° 42' Nördl. Br., unter 29° 18' O. Länge, (Monatsberichte d. Gesellsch. für Erdkunde in Berlin. Neue Folge Bd. II, S. 21). Auf der dem Reisewerke des Hrn. Werne (Expedition zur Entdeckung der Quellen des weifsen Nils, Berlin 1848) beigegebenen Karte, wird indefs der südlichste Punkt der Expedition, die Insel Tschanker, unter etwa 4° Nördl. Br. verlegt. Der Strom hat daselbst noch eine Breite von 100 Meter, und seine Quellen liegen, den Eingebornen zufolge, noch eine Monatsreise südlicher, im Lande Anjan.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1849. ANNALEN №. 6.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXVII.

I. *Untersuchungen über die beim Oeffnen und Schliefsen einer galvanischen Kette entstehenden Inductionsströme; von E. Edlund aus Upsala.*

I.

In der neunten Reihe seiner Experimental-Untersuchungen [1]) über Elektricität hat Herr Faraday auf die interessanten Erscheinungen zuerst aufmerksam gemacht, die beim Oeffnen und Schliefsen einer galvanischen Kette stattfinden, und vorzugsweise sich zeigen, wenn eine Drahtrolle mit einem Kerne von weichem Eisen sich in der Leitung befindet. Wie bekannt, erkannte Herr Faraday diese Erscheinungen sogleich für Inductionsströme, die durch die Einwirkung des galvanischen Stromes auf sich selbst und durch Reaction des durch denselben im Eisen entstehenden und verschwindenden Magnetismus erregt werden. Wie natürlich auch diese Erklärung war, da derartige Inductionsphänomene schon bekannt waren, und die Induction im vorliegenden Falle fast mit Nothwendigkeit vermuthet werden mufste, so wurde doch die wirkliche Existenz dieser Ströme von berühmten Naturforschern bezweifelt [2]) und zuerst durch Hrn. Jacobi's [3]) und besonders durch Herrn Dove's [4]) sinnreiche Untersuchungen bewiesen. Obschon bald anderthalb Decennien verflossen sind, seitdem die Faraday'sche Entdeckung bekannt wurde, so hat doch noch Niemand, so weit ich weifs, Messungen über diese Inductionsströme ausgeführt. Ueberzeugt, dafs eine Kenntnifs der quantitativen

1) Pogg. Ann., Bd. 35. S. 413.
2) Repertorium der Physik, Bd. 1. S. 328.
3) Pogg. Ann., Bd. 45. S. 132.
4) Pogg. Ann., Bd. 56. S. 251.

Verhältnisse dieser Ströme von Interesse seyn würde, habe ich darüber einige Versuche angestellt, deren Resultate ich hier mittheile.

II.

Weil der Hauptstrom und der durch denselben inducirte dieselbe Leitung gleichzeitig durchströmen, so besteht die eigentliche Schwierigkeit bei diesen Messungen darin, die zwei Ströme von einander zu trennen oder auf irgend eine Weise die Wirkung des ersten beim Messen des letzten zu annulliren. Da überdiefs die gedachten Ströme, besonders die, welche durch die blofse Wirkung des Stromes auf sich selbst entstehen, in den meisten Fällen klein und dadurch einer störenden Einwirkung anderer Kräfte leicht ausgesetzt sind, so ist es nothwendig, wenn die erhaltenen Zahlenwerthe auf irgend eine Genauigkeit Anspruch machen sollen, dafs alle Umstände, deren störende Einwirkung nicht mit Sicherheit bestimmt werden kann, mit Sorgfalt beseitigt werden. Diese Schwierigkeiten hoffe ich durch das folgende Verfahren gröfstentheils überwunden zu haben.

Fig. 1, Taf. I: *a* ist eine galvanische Säule, von deren Polen zwei Leitungsdrähte nach *b* und *c* ausgehen. Von *b* und *c* gehen wieder vier Drähte *ce*, *cf*, *bg* und *bh* zu einem Magnetometer bei *k*. Dieses Magnetometer, das sorgfältig vor Luftströmungen geschützt und auf einem festen Stative aufgestellt ist, ist von zwei Lagen von übersponnenem Kupferdrahte umgeben, von denen jede für sich eine geschlossene Leitung von mehreren parallel miteinander liegenden Umwindungen bildet. Nun werden *ce* und *bg* mit der einen und *ef* und *bh* mit der anderen dieser Lagen auf diese Weise vereinigt, dafs ein von *c* nach *e* gehender elektrischer Strom die im Magnetometer befindliche Nadel in der Richtung *nmlp*, und ein Strom, der durch den Leitungsdraht *cf* von *c* nach *f* geht, in der entgegengesetzten Richtung *plmn* umströmt. Zwischen *c* und *d* ist ein, aus einigen neben einander ausgespannten Neusilberdrähten bestehender Rheostat eingeschaltet, wodurch der Leitungswi-

derstand im Drahte *cenmlpgb* nach Belieben abgeändert werden kann. Der von der Säule *a* ausgehende Hauptstrom theilt sich nun bei *c* und *b*, so daſs der eine Theil durch die Leitung *cenmlpgb* und der andere durch *cfplm nhb* hindurchgeht. Mit Hülfe des Rheostats kann der Widerstand der ersten dieser Leitungen so abgepaſst werden, daſs die ganze Einwirkung der zwei um das Magnetometer in entgegengesetzter Richtung gehenden Hauptströme aufgehoben wird. Es versteht sich von selbst, daſs, wenn die zwei Hauptströme für eine gewisse Intensität sich aufheben, dieſs auch für eine andere beliebige Stromstärke der Fall seyn muſs. Daraus folgt, daſs die Gleichgewichtslage der Nadel von den Variationen der Stromstärke unabhängig ist, und daſs die Kette geöffnet und geschlossen werden kann, ohne daſs die Nadel davon unmittelbar afficirt wird. Die ringsum das Magnetometer gehenden Umwindungen waren soweit und die davon gebildeten Lagen so breit im Verhältnisse zu den Dimensionen der Nadel, daſs, wenn die zwei Hauptströme bei einer bestimmten Lage der Nadel sich ausglichen, dieſs auch bei jeder anderen Lage derselben, wenigstens weit auſserhalb der Gränzen, unter welchen alle folgenden Beobachtungen liegen, der Fall war. Bei *q* war eine einfache Vorrichtung getroffen, wodurch die Kette bequem und gleichförmig geöffnet und geschlossen werden konnte. Um dem Hauptstrome eine entgegengesetzte Richtung geben zu können, war ein Commutator in die Leitung *cab* eingeschaltet. Die Magnetnadel wurde mit einem Fernrohre beobachtet, wie bei magnetischen Beobachtungen gebräuchlich ist. Der Abstand des Spiegels von der Scale war so groſs, daſs ein Scalentheil sich auf etwas mehr als 40 Bogensekunden belief.

III.

Nehmen wir nun an, daſs bei *d* eine Inductionsrolle sich befinde und daſs die Kette bei *q* geöffnet werde, so muſs in der Rolle ein momentaner Strom inducirt werden. Dieser Strom geht z. B. von *d* nach *e*, dann ringsum das

Magnetometer in der Richtung *nmlpg*, von *g* über *b* zurück nach *h*, darauf wieder um das Magnetometer in der Richtung *nmlp* bis nach *f* und von dort endlich über *c* nach *d*. Der Inductionsstrom geht also nicht, wie der von der Säule *a* ausgehende Hauptstrom, durch die beiden Drahtlagen in entgegengesetzter sondern in der nämlichen Richtung, und seine Einwirkung auf die Nadel wird durch die beiden Lagen verstärkt. Die Folge davon ist, dafs die Magnetnadel einen Ausschlag machen mufs, woraus die Gröfse des Stromes sich bestimmen läfst. Wenn die Kette geschlossen wird, so mufs das nämliche Verhältnifs stattfinden, doch mit der Ausnahme, dafs ein Theil des Inductionsstromes durch die Leitung *cab* strömt. Aus Ohms Gesetze geht aber hervor, dafs die Einwirkung des bei *d* inducirten Stromes auf die Magnetnadel die nämliche bleibt, wenn auch ein Theil desselben durch die Leitung *cab* geht, oder, mit anderen Worten, es ist gleichgültig für die Einwirkung auf die Nadel, ob der Leitungswiderstand in *cab* Null oder unendlich grofs ist. Diefs war für die praktische Anwendbarkeit dieser Methode eine Nothwendigkeit, weil man die Messung so kleiner Kräfte auf die unsicheren Bestimmungen des veränderlichen Widerstandes einer Flüssigkeit kaum hätte begründen können. Nennt man nun die Leitungswiderstände *cenmlpygb*, *cfplmnhb* und *cab* respective r, r_1 und R; die beim Oeffnen der Kette in der Rolle *d* entstehende elektromotorische Kraft k und die beim Schliefsen entstehende k_1; die Einwirkung des Anfangsstromes auf die Nadel A und die des Endstromes E; so hat man

$$A = \frac{k\,(\mu + \lambda)}{r + r_1},\ \text{und} \ldots\ldots (1)$$

$$E = \frac{k_1\mu\,(r_1 + R) + \lambda k_1 R}{r\,(r_1 + R) + r_1 R};\ \ldots (2)$$

worin μ und λ zwei Gröfsen sind, von welchen jene der Einwirkung des durch den Leitungsdraht, dessen Widerstand r ist, gehenden Stromes, diese der des Stromes, dessen Widerstand r_1, proportional ist. Wären die zwei Lagen einander vollkommen gleich, so würde natürlich $\mu = \lambda$ seyn.

Nun sind aber die Leitungswiderstände r und r_1 so abgepafst, dafs die zwei Hauptströme einander aufheben. Man hat also

$$\mu r_1 = \lambda r.$$

Wenn man hieraus den Werth von μ in die Gleichungen (1) und (2) setzt, so wird

$$A = \frac{k\lambda}{r_1}, \text{ und } \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

$$E = \frac{k_1 \lambda \left(r + \frac{Rr}{r_1} + R\right)}{r_1 \left(r + \frac{Rr}{r_1} + R\right)} = \frac{k_1 \lambda}{r_1} \quad (4)$$

Hieraus ergiebt sich, dafs, wenn die zwei beim Oeffnen und Schliefsen der Kette entstehenden Inductionsströme in der That gleich grofs sind, ihre Einwirkung auf die Nadel nach unserer Beobachtungsmethode die nämliche werden mufs. Diese Folgerung aus Ohm's Gesetze wurde durch directe Versuche bestätigt.

IV.

Um die Stärke des inducirten Stromes zu bestimmen, bediente ich mich folgender Methode als der bequemsten.

Wenn r und r_1 so abgepafst sind, dafs die zwei Hauptströme einander aufheben, und man dann einen Widerstand p bei c in den Leitungsdraht ce einfügt, wodurch r in $r + p$ verwandelt wird, so mufs die Magnetnadel einen Ausschlag S_p machen, und man erhält

$$S_p = \frac{k\lambda p}{R(r + p + r_1) + (r + p) r_1}$$

Nennt man den durch die Drahtrolle d gehenden inducirenden Strom J_p, so hat man

$$J_p = \frac{k r_1}{R(r + p + r_1) + (r + p) r_1}$$

Für einen anderen Elektromotor erhält man auf dieselbe Weise, wenn der nämliche Widerstand p eingeschaltet wird

$$S'_p = \frac{k' \lambda p}{R'(r + p + r_1) + (r + p) r_1} \text{ und } J'_p = \frac{k' r_1}{R'(r + p + r_1) + (r + p) r_1}$$

Hieraus findet man

$$\frac{S_p}{S'_p} = \frac{J_p}{J'_p} = \frac{R'(r + p + r_1) + (r + p) r_1}{R(r + p + r_1) + (r + p) r_1} \times \frac{k}{k'}$$

Nun sucht man aber nicht das Verhältnifs zwischen J_p und J'_p aus dem beobachteten zwischen S_p und S'_p zu finden, sondern das Verhältnifs zwischen den inducirenden Strömen, wenn p gleich Null ist, d. h. zwischen J und J', wenn diese durch die Gleichungen

$$J = \frac{kr_1}{R(r+r_1)+rr_1}, \quad J' = \frac{k'r_1}{R'(r+r_1)+rr_1}.$$

bestimmt werden.

Wenn man nun $\frac{J_p}{J'_p} = \frac{J}{J'}$ setzt, so begeht man einen Fehler, der gleich ist

$$\pm \frac{r_1 p\,(r+r_1)\,(R-R')}{[R(r+r_1)+rr_1+(R+r_1)p]\,[R(r+r_1)+rr_1]} \times \frac{k}{k'}$$

Dieser Fehler war aber in den folgenden Versuchen so unbedeutend, dafs man keine Rücksicht darauf zu nehmen brauchte. Der bei c eingeschaltene Widerstand p bestand nämlich aus einem Kupferdrahte von anderthalb Meter Länge von derselben Art, wie der in der Rolle d, der eine Länge von mehr als 300 Meter besafs. r war also, sogar wenn man den nicht unbedeutenden Widerstand in den Umwindungen des Magnetometers vernachlässigt, mehr als 200 Mal gröfser als p. Vernachlässigt man nun $(R+r_1)\,p$ im Nenner des vorstehenden Ausdruckes und setzt $200\,p = r = r_1$, was approximativ richtig ist, so findet man, dafs der erwähnte Fehler nicht gröfser seyn kann, als

$$\pm \frac{(R-R')}{100\,r\left(\frac{2R}{r}+1\right)^2} \quad \frac{k}{k'}$$

Der Werth dieses Ausdruckes näherte sich nur einmal (als eine grofse Rolle in den ungetheilten Leitungsdraht eingeschaltet war) einem halben Procente des Verhältnisses $\frac{J}{J'}$. Bei den übrigen Versuchen lag derselbe bedeutend unter dieser Gränze und es war daher nicht nöthig denselben in Betracht zu nehmen. Der anderthalb Meter lange Kupferdraht war mit dem einen Ende bei c befestigt, und um die Stromstärke zu messen, brauchte man blofs ce von c zu trennen, das andere Ende des Drahtes einzusetzen und

den dadurch bewirkten Ausschlag, sobald die Nadel zur Ruhe gekommen war, zu beobachten. Die Stromstärke wurde auf diese Weise gewöhnlich zwei oder drei Mal vor und nach jedem Versuche gemessen und hieraus das Mittel genommen.

V.

Weil die Widerstände *r* und $r_{\prime}$ beinahe gleich grofs seyn mufsten, damit die zwei Hauptströme einander aufheben könnten, und bei *d* eine Drahtrolle von bedeutendem Widerstande eingeschaltet war, so mufste auch in dem anderen Leitungsdrahte ein entsprechender Widerstand eingefügt werden. Zu diesem Zwecke konnte man indessen aus bekannten Gründen nicht einen dünnen Metalldraht oder eine schlecht leitende Flüssigkeit benutzen, sondern mufste sich eines Drahtes, von ungefähr derselben Beschaffenheit, wie der in der Rolle *d*, bedienen. Um zu verhindern, dafs in dieser Rolle, wie in der Rolle *d*, ein Inductionsstrom entstände, der den in *d* inducirten aufgehoben haben würde, wurde der Draht über zwei Glasstangen, die drei Meter von einander abstanden, gewunden und die verschiedenen Drähte zusammengebunden. Dadurch kamen Ströme von derselben und der entgegengesetzten Richtung neben einander zu liegen, wodurch die wechselseitige Induction gröfstentheils aufgehoben wurde. Es ist deutlich, dafs diefs auch mit der Induction in den Umwindungen des Magnetometers der Fall seyn mufste, weil dieselbe in den beiden Lagen in entgegengesetzter Richtung stattfand.

VI.

Das vorstehende Verfahren wäre in seiner Anwendung sehr einfach, wenn nicht ein Umstand hinzukäme, der berücksichtigt werden mufs. Der galvanische Strom bewirkt nämlich eine Temperaturveränderung in den Leitungsdrähten, welche eine Veränderung des Widerstandes verursacht. Da diese Veränderung des Widerstandes in den beiden Drähten, durch welche die zwei Hauptströme gehen, selten

gleich grofs ist, so folgt daraus, dafs, wenn auch diese für einen Augenblick sich gegenseitig aufheben, dieselben doch nach Verlauf einiger Zeit die Magnetnadel aus der Gleichgewichtslage ablenken werden, die sie unter dem alleinigen Einflusse des Erdmagnetismus einnehmen würde. Bei einigen der folgenden Versuche war die Nadel auf diese Weise nach zwei Minuten (ungefähr die Zeit zweier aufeinander folgenden Beobachtungen) um drei Scalentheile von ihrer wahren Gleichgewichtslage entfernt. Obgleich diefs wohl keinen sehr erheblichen Einflufs auf die Bewegungen der Nadel haben kann, so ist es doch nothwendig denselben näher zu untersuchen.

VII.

Da die Einwirkung der Hauptströme auf die Magnetnadel nicht vollkommen aufgehoben wird, so sind μr_1 und λr nicht mehr einander gleich, woraus folgt, dafs die Gleichungen (3) und (4) nicht gültig und folglich die zwei Inductionsströme nicht unmittelbar miteinander vergleichbar sind. Setzt man nun $\mu r_1 = \lambda (r \pm \delta)$ und eliminirt μ aus den Gleichungen (1) und (2), so erhält man

$$A = \frac{\lambda k}{r_1} \pm \frac{k \delta \lambda}{r_1 (r + r_1)};$$

$$E = \frac{k_1 \lambda}{r_1} \pm \frac{k_1 \delta \lambda}{r_1 \left(r + \frac{R r_1}{r_1 + R} \right)}.$$

In den meisten Fällen war es hinreichend einige Zoll von dem Neusilberdrahte einzuschalten oder auszuschliefsen, um die Magnetnadel in ihre frühere Gleichgewichtslage zu bringen. δ ist also eine sehr kleine Gröfse im Verhältnisse zu r und r_1; woraus folgt, dafs man das letzte Glied in den beiden vorstehenden Gleichungen vernachlässigen kann, um dadurch wieder zu (3) und (4) zu gelangen. Da es sehr leicht war, diese Folgerungen aus dem Ohm'schen Gesetze zu prüfen, so wurden die folgenden Versuche angestellt. Ein Magnetinductor [1]), der aus einer Drahtrolle be-

1) Dieser Inductor war von Hrn. Prof. Weber für einen anderen Zweck schon früher construirt worden.

stand, in welcher ein runder Holzstab sich aufwärts und abwärts bewegen konnte, wurde bei d in die Leitung eingeschaltet. In den beiden Enden des Stabes waren zwei Magnete mit den feindschaftlichen Polen gegen einander eingesetzt. Der Stab konnte so weit nach oben und nach unten geführt werden, dafs der in demselben befindliche Magnet, bis in die Mitte der Rolle kam. Vermittelst eines Hebels wurde der Stab durch einen Tritt mit dem Fufse in Bewegung gesetzt. Hierdurch hatte man also einen Elektromotor von constanter Kraft und man hatte blofs die Ausschläge der Nadel für die beiden Fälle zu beobachten, wo die Leitung cab eingeschaltet oder ausgeschlossen war. Wenn die Ausschläge gleich grofs waren, so war es deutlich, dafs die Leitung cab keinen Einflufs hatte. Mit Hülfe einer Säule wurden nun r und r_1 so abgepafst, dafs die Einwirkung der zwei Hauptströme auf die Magnetnadel entweder aufgehoben wurde oder einen gröfseren oder geringeren Ausschlag bewirkte. Dann wurde die Säule ausgelöst und statt deren entweder ein dicker, einen halben Fufs langer Kupferdraht oder eine Drahtrolle von gröfserem Widerstande zwischen c und b eingeschaltet. Die Säule konnte als Leitung nicht benutzt werden, weil der von derselben kommende, durch den Magnetinductor gehende Strom den Magnetismus der inducirenden Magnete und folglich auch ihre elektromotorische Kraft verändert hätte. Es war auch natürlicherweise gleichgültig, woraus die Leitung cab bestand.

No. 1.

Die Kette offen $\mu r_1 = \lambda r$

Gleichgew. der Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
510,0	625,0	115,0
510,0	395,3	114,7
510,0	624,9	114,9
509,6	394,9	114,7
509,6	624,8	115,2
	Mittel	114,90

No. 2.

Ein $\frac{1}{2}$ Meter langer Kupferdraht war zwischen *c* und *b* eingeschaltet. $\mu r_1 = \lambda r$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
510,9	625,9	115,0
510,9	396,2	114,7
510,8	625,7	114,9
510,5	396,0	114,5
510,4	625,8	115,4
	Mittel	114,90

No. 3.

Eine Drahtrolle zwischen *c* und *b* eingeschaltet. $\mu r_1 = \lambda r$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
511,0	625,9	114,9
510,8	396,0	114,8
510,5	625,7	115,2
510,3	395,9	114,4
510,3	625,7	115,4
	Mittel	114,94

No. 4.

Die zwei Hauptströme bewirkten einen Ausschlag von 6 Scalentheilen. Keine directe Leitung zwischen *c* und *b*. $\mu r_1 = \lambda (r - \delta)$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
509,5	624,5	115,0
509,6	395,0	114,6
509,5	624,3	114,8
509,3	395,0	114,3
509,1	624,0	114,9
	Mittel	114,72

No. 5.

Der $\frac{1}{2}$ Meter lange Kupferdraht war zwischen *c* und *b* eingeschaltet. $\mu r_1 = \lambda (r - \delta)$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
509,0	623,9	114,9
509,0	394,5	114,5
508,9	623,8	114,9
508,9	394,4	114,5
508,6	623,5	114,9
	Mittel	114,74

No. 6.

Eine Drahtrolle zwischen *c* und *b* eingeschaltet. $\mu r_{\iota} = \lambda\,(r - \delta)$

Gleichgew. d. Nadel.	Ausschlag.	Unterschied.
508,7	623,4	114,7
508,8	394,1	114,7
508,5	623,1	114,6
508,4	394,0	114,4
508,1	623,1	115,0
	Mittel	114,68

Weil die drei ersten wie die drei letzten Mittel unter sich gleich sind, so ergiebt sich daraus, dafs die Gleichungen (3) und (4) gültig sind, wenn auch die Hauptströme einen Ausschlag von 6 Scalentheilen verursachen, d. h. ungefähr einen doppelt so grofsen, als wie er in den folgenden Versuchen vorkommt. Dafs die Mittel in den drei ersten Versuchen etwas gröfser sind als die in den drei letzten, rührt davon her, dafs bei diesen der Widerstand gröfser war als bei jenen. War der Ausschlag 90 Scalentheile, so bewirkte die directe Verbindung zwischen *c* und *b* einen Unterschied von einem und für 280 Scalentheile einen Unterschied von drei Procenten.

VIII.

Wenn die Einwirkung der zwei Hauptströme sich nicht ausgleicht, so würde die Directionskraft der Nadel nicht die nämliche verbleiben, wenn die Säule in der Leitung sich befände. Ist die Kette offen, so oscillirt die Nadel blofs unter dem Einflusse des Erdmagnetismus und der durch

eine dicke, die Magnetnadel umgebende Metallhülse verursachten Dämpfung. Ist sie aber geschlossen, so wird die Directionskraft der Nadel die Resultante des Erdmagnetismus und der ablenkenden Kraft der Säule. Da aber die durch die Inductionskraft bewirkten Ausschläge der Nadel klein sind (die gröfsten überstiegen kaum $\frac{1}{3}$ Grad), so ist es leicht einzusehen, dafs die Gröfse der Directionskraft der Nadel unverändert bleibt, während die Richtung derselben sich mehr oder weniger verändert. Man kann nämlich für die Sinus der Ausschlagswinkel die entsprechenden Bögen setzen. Was die Dämpfung betrifft, so hat Hr. Gaufs [1]) unter andern gezeigt, dafs dieselbe der Geschwindigkeit der Nadel proportional gesetzt werden kann. Diefs geht auch, wie wir sehen werden, aus den Beobachtungen selbst hervor. Nennt man den veränderlichen Ausschlagswinkel x, die Directionskraft der Nadel unter dem alleinigen Einflusse des Erdmagnetismus, dividirt mit dem Trägheitsmomente derselben m, und ist überdiefs $2n$ eine Gröfse, die von der Dämpfung abhängig und mit dem Trägheitsmomente dividirt ist, so hat man

$$\frac{d^2x}{dt^2} = - mx - 2n\frac{dx}{dt}$$

Wenn aber die Kette geschlossen ist, und die zwei Hauptströme einander nicht aufheben, so kommt noch eine neue auf die Nadel wirkende Kraft hinzu, welche, obgleich eigentlich dem Cosinus der Ablenkungswinkel proportional, doch, weil diese sehr klein sind, als vollkommen constant betrachtet werden kann. Diese Kraft ist gleich $m_0 x_0$, wo m_0 die Directionskraft der Nadel unter dem Einflusse des Erdmagnetismus und x_0 den Abstand der zwei Gleichgewichtslagen von einander, in Scalentheilen ausgedrückt, bedeuten. Dividirt man nun $m_0\ x_0$ mit dem Trägheitsmomente der Magnetnadel, wodurch m_0 in m übergeht, so erhält man die folgende Differential-Gleichung für den Fall, dafs die Kette geschlossen ist,

$$\frac{d^2x}{dt^2} = - mx - mx_0 - 2n\frac{dx}{dt} \quad \ldots\ldots (8)$$

1) Resultate aus den Beobachtungen des magnet. Vereins im Jahre 1837.

Wenn man in dieser Gleichung $y = x + x_0$ setzt, so erhält man

$$\frac{d^2y}{dt^2} = - my - 2n \frac{dy}{dt} \quad \ldots\ldots (9)$$

In der Gleichung (9) geht y auf dieselbe Weise ein, wie x in der Gleichung (7), und weil y nichts anders ist, als der veränderliche Abstand der Nadel von der Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen ist, so geht daraus hervor, dafs die Nadel auf dieselbe Weise um diese Gleichgewichtslage oscillirt, wie sie, wenn die Kette offen wäre, um die von dem Erdmagnetismus bestimmte Ruhelage oscilliren würde.

IX.

Daraus, dafs die zwei Hauptströme einander nicht aufheben, folgt endlich, dafs die momentane Einwirkung der Inductionsströme die Nadel nicht in der Gleichgewichtslage trifft, die ihr zukommt, während sie den dadurch bewirkten Ausschlag macht, oder mit anderen Worten, nicht in der Lage, in welcher sie stehen bleiben würde, wenn sie augenblicklich nach dem Ausschlage zur Ruhe gelangen konnte, sondern in einem Punkte p, der um einen oder mehrere (x) Scalentheile von dieser Gleichgewichtslage entfernt ist. Nun leuchtet aber von selbst ein, dafs die Geschwindigkeit, die der Magnetnadel in dem Punkte p von dem momentanen Strome ertheilt wird und zufolge deren sie einen bestimmten Ausschlag u, von der Gleichgewichtslage aus gerechnet, macht, die nämliche seyn mufs, als die Geschwindigkeit, die die Nadel in demselben Punkte gehabt haben würde, wenn sie von einem Punkte u_1 gekommen wäre, der so weit von der Gleichgewichtslage abstände, dafs die Nadel ohne Einflufs fremder Kräfte denselben Ausschlag u hätte machen können. Um die der Nadel durch den Inductionsstrom ertheilte Geschwindigkeit zu finden, ist es also hinreichend die Geschwindigkeit derselben während einer ungestörten Schwingung in der Nähe der Gleichgewichtslage bestimmen zu können. Die Geschwindigkeit, die die

Nadel im Punkte p haben mufs, um den Ausschlag u zu machen, wird also ein Maafs des Inductionsstromes. Die Voraussetzungen, die dabei gemacht sind, dafs die Lage der Nadel hinsichtlich der Umwindungen in einem beliebigen Punkte in der Nähe der Gleichgewichtslage als die nämliche betrachtet werden könne und dafs die Einwirkung des Inductionsstromes in einem einzigen Punkte die Nadel treffe, sind bei dem angewandten Apparate vollkommen erlaubt. Wenn x, m und n dieselbe Bedeutung wie in No. 8 behalten, so hat man für die beiden Fälle, dafs die Kette offen oder geschlossen ist

$$\frac{d^2 x}{d t^2} = - mx - 2n \frac{dx}{dt}$$

Nennt man die Geschwindigkeit der Nadel h, integrirt und bestimmt die Constanten so, dafs die Geschwindigkeit Null und der Ausschlag u_1 wird, wenn die Zeit Null ist, so erhält man

$$h = - \frac{u_1 m}{\sqrt{m - n^2}} \sin t \sqrt{m - n^2}. \; e^{-nt}; \; . \; . \; (10)$$

$$x = u_1 \left(\cos t \sqrt{m - n^2} + \frac{n}{\sqrt{m - n^2}} \sin t \sqrt{m - n^2} \right) e^{-nt} \quad (11)$$

Bedeutet T die Zeit einer ganzen Schwingung, so ist

$$T = \frac{\pi}{\sqrt{m - n^2}} \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; (12)$$

Aus den Gleichungen (10) und (11) erhält man

$$h = - nx \pm \sqrt{u_1^{\,2} - \left(\frac{m - n^2}{m}\right) e^{2nt} x^2} \sqrt{m} \; e^{-nt} \; . \; . \; (13)$$

Weil in der Gleichung (13) der numerische Werth der Quadratwurzel immer gröfser als nx ist, so mufs man, da die Geschwindigkeit nach der Gleichung (10) als negativ zu betrachten ist, immer minus vor die Wurzel setzen, oder wenn man die Geschwindigkeit als positiv ansehen will, so müssen beide Glieder das Vorzeichen plus erhalten. — Nun kann aber nicht u_1 sondern nur u beobachtet werden. Allein zwischen diesen beiden Gröfsen findet nach der Gleichung (11) das Verhältnifs statt, dafs

$$u_1 = u e^{nT}$$

Um u' aus u zu bestimmen, ist es also nothwendig die Dämpfung zu kennen, welche sich mit Genauigkeit auf folgende Weise finden läfst [1]). Der oben beschriebene Magnetinductor wurde in die Leitung eingeschlossen. Nun wurde die Magnetnadel mittelst desselben nach der einen Seite abgestofsen. Dann liefs man die Nadel ihre Gleichgewichtslage frei passiren und auf die andere Seite übergehen. Wenn darauf die Nadel wieder in der Gleichgewichtslage angelangt war, wurde sie durch den Inductor nach derselben Seite hin zurückgeworfen; darauf liefs man sie wieder die Gleichgewichtslage frei passiren und auf die erste Seite übergehen und wenn sie von da wieder in die Gleichgewichtslage kam, wurde sie zurückgeworfen u. s. w. Nachdem die Nadel, auf diese Weise einige Schwingungen gemacht hatte, wurden die Ausschläge durch die Dämpfung constant und die eigentlichen Beobachtungen begannen. Fig. 2, Taf. I macht die Bewegungen der Magnetnadel anschaulich. *a* ist die Gleichgewichtslage, *b* und *c* sind die aufeinander folgenden Ausschläge.

No. X.

Die Gleichgewichtslage der Nadel = 511,5

560,0	604,0	462,0	419,6
560,6	604,0	462,5	419,7
561,2	603,8	463,0	419,5
561,0	604,0	462,5	419,7
560,9	604,0	462,4	419,7
561,0	604,0	462,8	419,9
561,0	604,2	462,5	420,0
561,0	604,0	462,6	419,6
561,0	604,0	462,7	419,5
560,8	603,9	462,3	419,2
560,5	603,9	462,0	419,0
560,82	603,98	462,48	419,58

Subtrahirt man das letzte Mittel von dem zweiten und das dritte von dem ersten und dividirt den letzten Rest mit dem ersten, so erhält man

$$e^{-nT} = 0{,}5333 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

1) Die treffliche Methode die Dämpfung zu bestimmen, gehört Herrn Prof. Weber.

und daraus

$$log\ nT = 0{,}79843 - 1.$$

Wenn der Werth von u_1 und die dem Punkte x entsprechende Zeit in die Gleichung (13) eingesetzt werden, so erhält man die Geschwindigkeit der Nadel in diesem Punkte. Bezeichnet man mit t_0 die Zeit, die die Nadel braucht um bis zu der Gleichgewichtslage zu kommen und mit y die Zeit, die sie nöthig hat um von der Gleichgewichtslage nach x zu gelangen, wobei y positiv oder negativ seyn kann, so hat man für die x entsprechende Zeit $t = t_0 + y$.

Aus den Gleichungen (11) und (12) hat man

$$Tg\ \frac{t_0 \pi}{T} = -\frac{\pi}{nT} \text{ und daraus } t_0 = 0{,}563\ T.$$

Wenn man p statt $\frac{n}{\sqrt{m}}$ schreibt, so erhält man aus der Gleichung (12)

$$nT = \frac{\pi p}{\sqrt{1 - p^2}}.$$

und wird dieses in die Gleichung (15) eingesetzt, so findet man, dafs $p = 0{,}1962$ und daraus $\frac{n}{\sqrt{m - n^2}} = 0{,}2001.$

Setzt man statt dieses Ausdruckes dessen Werth in die Gleichung (11) ein, und schreibt $t_0 + y$ statt t, so wird

$$x = u\left(\cos\left(\frac{t^0\pi + y\pi}{T}\right) + 0{,}2001\ \sin\left(\frac{t^0\pi + y\pi}{T}\right)\right)e^{0{,}437\,nT - ny}$$

und daraus, weil Cosinus bei der Entwickelung verschwindet

$$\sin\frac{y\pi}{T}\ e^{-ny} = -\ 0{,}7449\frac{x}{u}$$

Wenn man blofs die erste Potenz von y beibehält, was hinreichend ist, so wird

$$y = -\ 0{,}237\ \frac{x}{u}\ T$$

Wenn man in die Gleichung (13) statt t dessen Werth $\left(0{,}563\ T - 0{,}237\ T\frac{x}{u}\right)$ einsetzt, entwickelt und blofs die

zwei ersten Potenzen von x beibehält, so hat man für die Geschwindigkeit der Nadel in einem beliebigen Punkte in der Nähe der Gleichgewichtslage den folgenden Ausdruck

$$h = \sqrt{m}\, e^{0,437\, n\, T} \left(u + 0,3\, x - 0,27\, \frac{x^2}{u}\right) \quad . \; . \; (16)$$

Will man h in Function des primitiven (imaginären) Ausschlages u_1 ausdrücken, so findet man

$$h = \sqrt{m}\, e^{0,437\, n\, T} \left(0,5333\, u_1 + 0,3\, x_1 - 0,5\, \frac{x^2}{u_1}\right) \quad . \; . \; . \; (17)$$

In diesen beiden Formeln ist natürlich x als positiv oder negativ zu betrachten, je nachdem es auf derselben oder der entgegengesetzten Seite der Gleichgewichtslage in Hinsicht auf den primitiven Ausschlag u_1 sich befindet.

Um zu sehen mit welcher Genauigkeit die Geschwindigkeit der Nadel für einen beliebigen Punkt in der Nähe der Gleichgewichtslage sich aus den Gleichungen (16) und (17) finden lasse, kann man dieselbe mit derjenigen vergleichen, die man aus den Gleichungen (10) und (11) erhält.

Wenn man die Gleichung (10) differentiirt, so findet man, dafs die Geschwindigkeit der Nadel für $t = 0,437\, T$ am gröfsten ist. Wird dieser Werth von t in die Gleichung (11) eingesetzt, so sieht man, dafs diefs in einem Punkte $x = 0,298\, u_1$ stattfindet. Aus den Gleichungen (16) und (17) erhält man dagegen für x $0,296\, u_1$ und $0,3\, u_1$; welche Werthe sich von dem aus der Gleichung (11) erhaltenen unbedeutend unterscheiden. Da x in den folgenden Beobachtungen diesen Werth nicht übersteigt, so können also die erwähnten Formeln benutzt werden, um die Geschwindigkeit der Nadel mit hinreichender Genauigkeit zu finden.

Im Vorbeigehen kann bemerkt werden, dafs aus den Gleichungen (10) und (11) folgt, dafs die Zeit, die die Nadel braucht um bis zu dem Punkte zu gelangen, wo die Geschwindigkeit am gröfsten ist, derjenigen Zeit gleich ist, die sie anwendet, um den Bogen u zu beschreiben und

dafs diefs von der Gröfse der Dämpfung unabhängig ist. Im vorliegenden Falle ist diese Zeit = 0,437 T.

X.

Wir gehen nun zu den eigentlichen Beobachtungen über. Nachdem die Inductionsrolle d in den einen, und eine Widerstandsrolle in den anderen Leitungsdraht eingeschaltet, und die Widerstände der zwei Drähte so abgepafst worden waren, dafs die Hauptströme einander ausglichen, so erhielt ich mit einem schwach geladenen Grove'schen Becher beim Oeffnen und Schliefsen der Kette einen Ausschlag von 2 Scalentheilen. Dann wurden 80 Meter von der Widerstandsrolle über die in No. 5 erwähnten Glasstangen gewunden, wodurch der Ausschlag bis zu 4,0 Scalentheilen vergröfsert wurde. Für die folgenden 78 Meter stieg der Ausschlag auf 5,0; für die darauf folgenden 78 Meter auf 7,5 und endlich für die zuletzt aufgewundenen 78 Meter bis auf 8,5 Scalentheile. Dieses beweist, dafs die zu untersuchenden Inductionsströme von der Einwirkung des Hauptstromes auf sich selbst herrühren. Bei diesen, wie bei allen folgenden Versuchen, war kein Eisen in der Inductionsrolle.

Die Zahlen der 6. und 7. Columne der folgenden Tabelle sind, wo es nöthig war, nach der Formel (16) berechnet worden. Für die 6. Columne ist u der Unterschied der Zahlen in der 2. und 3. Columne und für die 7. Columne der Unterschied der Zahlen in der 4. und 5. Für die 6. Columne erhält man x durch Subtraction der Zahlen in der 1. und 3. und für die 7. Columne durch Subtraction der Zahlen in der 3. und 5.

No. 8.

Ein Grove'scher Becher. Die Stromstärke vor dem Versuche 56,2.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Gleichgewichtslage während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schliefsen.
509,0	521,9	509,2	496,1	509,0	12,8	13,0
509,0	521,8	509,6	497,1	509,0	12,4	12,1
509,0	521,8	509,5	496,9	509,2	12,4	12,4
509,0	521,4	509,0	497,0	510,5	12,4	13,0
509,5	521,4	509,3	497,3	510,0	12,0	12,5
509,0	520,9	509,2	496,1	508,7	11,8	12,7
				Mittel	12,30	12,62

Die Stromstärke nach dem Versuche 52,1. Das Mittel aus beiden 54,2.

No. 9.

Derselbe Becher wie vorher. Der Strom in der entgegengesetzten Richtung. Die Stromstärke 47,6.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schliefsen.
505,0	494,9	504,9	516,2	505,0	10,0	11,2
505,0	494,7	504,2	516,0	504,0	9,7	11,9
504,0	493,6	503,1	514,3	502,8	9,7	11,4
502,8	492,4	502,0	513,0	501,8	9,8	11,1
501,8	492,3	503,0	513,8	502,5	10,3	11,1
502,5	493,3	503,6	513,8	502,5	9,9	10,9
503,0	493,8	503,9	513,8	502,0	9,8	11,1
504,0	493,6	503,4	514,9	503,8	10,0	11,2
503,8	493,6	503,0	513,9	503,1	9,6	10,8
503,0	493,3	502,8	513,4	502,9	9,6	10,5
				Mittel	9,84	11,12

Die Stromstärke 44,3. Das Mittel aus beiden 46,0.

No. 10.

Zwei Grove'sche Becher. Die Stromstärke 85,2.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Ausschlag beim Schliefsen.
500,0	481,0	498,0	518,9	500,8	17,5	18,8
498,0	480,4	498,1	518,0	499,0	17,7	19,3
498,1	480,3	498,3	518,2	500,0	17,9	18,7
498,0	480,8	498,5	516,1	495,0	17,5	19,9
498,5	481,7	498,9	518,2	500,5	17,1	18,1
499,0	482,1	500,3	519,0	501,0	17,8	18,2
499,0	481,5	499,0	518,8	501,5	17,5	18,0
500,0	483,0	500,8	519,5	501,0	17,6	18,6
501,0	483,6	501,0	519,9	500,8	17,4	19,0
500,9	483,0	500,3	519,0	500,3	17,5	18,7
				Mittel	17,55	18,73

Die Stromstärke 80,9. Das Mittel aus beiden 83,1.

No. 11.

Drei Grove'sche Becher. Die Stromstärke 116,2.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Ausschlag beim Schliefsen.
504,0	478,3	503,8	533,0	504,8	25,6	28,5
504,0	478,6	503,5	532,0	505,0	25,0	27,4
504,0	478,4	503,9	531,1	503,9	25,5	27,2
504,0	479,0	504,1	531,1	504,1	25,1	27,0
504,0	479,1	504,2	531,3	504,0	25,0	27,2
504,0	479,1	504,1	531,5	504,0	25,0	27,5
504,0	479,0	504,4	532,0	504,6	25,3	27,5
505,0	480,2	505,0	532,2	505,0	24,8	27,2
505,0	480,1	505,0	532,5	505,2	24,9	27,4
505,5	480,4	504,9	532,0	505,9	24,7	28,4
				Mittel	25,09	27,33

Die Stromstärke 111,0. Das Mittel aus beiden 113,6.

No. 12.

Dieselben drei Becher wie vorher. Der Strom in der entgegengesetzten Richtung. Die Stromstärke 111,0.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schliefsen.
504,0	526,9	502,7	477,1	503,5	23,8	26,2
503,3	526,7	502,3	477,4	503,5	24,1	25,7
502,9	526,0	502,1	477,0	503,1	23,7	25,8
502,0	525,8	502,9	477,4	503,5	23,2	25,9
503,0	527,0	503,0	477,3	503,0	24,0	25,7
				Mittel	23,76	25,86

Die Stromstärke 105,8. Das Mittel aus beiden 108,4.

No. 13.

Dieselben drei Becher wie vorher. Ein Polarisationsgefäfs, das aus einem Glase mit Schwefelsäure und Wasser bestand, worin zwei Platinbleche eingesetzt waren, war in der ungetheilten Leitung eingeschlossen. Die Stromstärke 34,7.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schliefsen.
508,0	500,5	508,0	517,0	507,3	7,5	9,5
507,2	500,5	507,9	516,0	506,9	7,2	8,8
508,1	501,7	508,0	517,0	508,3	6,3	8,8
508,1	501,1	508,0	517,0	508,6	6,9	8,6
508,9	501,5	508,5	517,4	509,0	7,1	8,5
509,0	502,0	508,9	517,5	509,6	6,9	8,1
508,5	503,0	510,6	518,6	510,0	6,8	8,4
511,0	505,1	513,0	520,5	512,0	7,2	8,2
513,0	506,6	513,1	521,5	513,0	6,5	8,5
				Mittel	6,93	8,60

Die Stromstärke 32,8. Das Mittel aus beiden 33,8.

No. 14.

Dieselben drei Becher wie vorher. Das Polarisationsgefäſs wurde ausgelöst und statt dessen eine Drahtrolle in die ungetheilte Leitung eingeschaltet. Die Stromstärke 45,0.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schlieſsen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Ausschlag beim Schlieſsen.
515,1	505,0	514,1	525,0	514,3	9,4	10,8
514,3	504,0	513,0	524,0	513,0	9,3	11,0
513,0	502,7	511,5	522,1	511,9	9,2	10,3
511,9	501,0	510,3	521,0	510,2	9,7	10,8
510,0	500,1	509,6	520,0	509,1	9,6	10,7
509,3	499,6	509,0	519,7	509,2	9,5	10,6
509,2	499,4	508,9	519,5	509,2	9,6	10,4
509,0	499,0	509,0	519,1	509,1	10,0	10,0
509,1	499,1	509,0	519,1	509,0	9,9	10,1
509,0	499,1	509,0	519,0	508,9	9,9	10,1
				Mittel	9,61	10,48

Die Stromstärke 44,5. Das Mittel aus beiden 44,8.

XI.

Aus den vorhergehenden Versuchen könnte man beim ersten Augenblicke folgern, daſs für dieselbe Stromstärke der Anfangsstrom immer etwas gröſser als der Endstrom wäre. Es ist aber nothwendig, ehe man eine solche Folgerung zieht, genau zu untersuchen, ob die Stromstärke in den beiden Fällen vollkommen die nämliche sey. Wenn man in den Versuchen No. 11, 12 und 14 das Mittel in der vorletzten Columne von dem Mittel in der letzten subtrahirt und den Rest mit dem Mittel in der letzten dividirt, so erhält man respective 0,082, 0,081 und 0,083; für den Versuch No. 13 aber 0,194. Für die Versuche No. 9 und 10 erhält man auf dieselbe Weise 0,115 und 0,063. Diese Zahlen sind also constant für denselben Rheomotor, wachsen, wenn ein Polarisationsgefäſs in die Leitung eingeschlossen wird und verändern sich im Allgemeinen von einem Rheomotor zu einem anderen. Daſs dieselben von der Zeit,

während welcher die Kette in Wirksamkeit gewesen ist, abhängen, geht aus den Versuchen No. 8 und 9 hervor. No. 8 fand nämlich statt, sobald die Kette geschlossen worden war, und erst nach Verlauf einiger Zeit folgte No. 9. Diese Umstände liefsen schon vermuthen, dafs der beobachtete Unterschied der zwei Inductionsströme von einer durch die Polarisation in der Säule selbst hervorgebrachten Verminderung der inducirenden Stromstärke herrührte. Wenn nämlich eine Polarisation in der Säule stattfindet, so geht daraus von selbst hervor, dafs, weil diese sich nicht augenblicklich entwickeln kann und allmälig verschwindet, wenn die Kette geöffnet wird, die Stromstärke beim Schliefsen der Kette gröfser ist als beim Oeffnen und dafs der Unterschied, wenigstens bis zu einer gewissen Gränze, mit der Zeit, während welcher die Kette offen oder geschlossen geblieben ist, wachsen mufs. Dasselbe Verhältnifs mufs auch mit den inducirten Strömen stattfinden, weil diese, wie die vorhergehenden Versuche zeigen, mit dem inducirenden Strome wachsen und abnehmen. Wenn also diese Zeit für die Beobachtungen verkürzt wird, so mufs der Unterschied der Inductionsströme, wenn nämlich derselbe von einer Polarisation in der Säule herrührt, kleiner werden. Da, um dieses zu untersuchen, die in den vorigen Versuchen angewandte Beobachtungsmethode nicht benutzt werden konnte, weil die Säule nach jeder Beobachtung so lange offen oder geschlossen bleiben mufste, bis die Magnetnadel in Ruhe kam, wozu gewöhnlich eine Minute nöthig war, so wurde eine ähnliche Methode, wie für die Bestimmung der Dämpfung angewandt.

Durch das Oeffnen und Schliefsen der Kette wurde die Magnetnadel in Bewegung gesetzt und jedes zweite Mal, wenn die Nadel in einem bestimmten Punkte in der Nähe der Gleichgewichtslage ankam, wurde sie durch Oeffnen oder Schliefsen der Kette zurückgeworfen. Die Summe der Geschwindigkeiten, die die Nadel beim Zurückwerfen besafs, und die sie in entgegengesetzter Richtung dadurch erhielt, war ein Maafs des Inductionsstromes. Da die Oscillations-

dauer der Magnetnadel ungefähr $8\frac{1}{2}$ Sekunden betrug, so war die Kette bei diesem Beobachtungsverfahren jedesmal blofs 17 Sekunden offen oder geschlossen. Nennt man H die ganze der Magnetnadel durch den Inductionsstrom ertheilte Geschwindigkeit, so erhält man durch Addition der Gleichungen (16) und (17)

$$H = \sqrt{m}\, e^{0,437\, nT} \left(u + 0,5333\, u_1 + 0,3\, x + 0,3\, x_1 - 0,27 \frac{x^2}{u} - 0,5 \frac{x_1^2}{u_1}\right) \quad (18)$$

u ist wie früher der durch das Oeffnen oder Schliefsen der Kette bewirkte Ausschlag der Nadel und x der Abstand des Punktes, wo die Nadel zurückgeworfen wird, von derjenigen Gleichgewichtslage, die ihr zukommt, während sie den Ausschlag u macht. u_1 bedeutet den Abstand der Gleichgewichtslage der Nadel während der letzten Schwingung vor dem Zurückwerfen von dem Punkte, wo ihre Geschwindigkeit Null war, und x_1 den Abstand des Punktes, wo die Nadel zurückgeworfen wird, von der letztgenannten Gleichgewichtslage. Es ist deutlich, dafs x und x_1 im Allgemeinen nicht gleich grofs sind, weil die Gleichgewichtslage der Nadel sich verändert, wenn die Kette geöffnet oder geschlossen wird. Die Gleichgewichtslagen können nicht hier, wie in den vorigen Versuchen, direct beobachtet werden, weil die Nadel nicht zur Ruhe kommt; aber sie lassen sich mit Hülfe der Gleichung (14) leicht berechnen. Ist nämlich y die Ruhelage der Nadel während einer gewissen Schwingung und v_1 und v die Punkte, wo ihre Geschwindigkeit Null ist, so hat man nach der Gleichung (14)

$$(v_1 - y)\, 0,5333 = y - v,$$

und daraus

$$y = \frac{v + 0,5333\, v_1}{1,5333} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Nach dieser Formel sind bei den folgenden Beobachtungen die Gleichgewichtslagen der Nadel berechnet worden.

No. 15.

Zwei Grove'sche Becher. Die Kette wurde geöffnet und

geschlossen, sobald die Magnetnadel zur Ruhe kam. Die Stromstärke 56,0.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette offen war.	Gleichgewichtslage beobachtet während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette geschlossen war.	Gleichgewichtslage beobachtet während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Ausschlag beim Schliefsen.
506,0	518,1	500,0	506,3	506,1	492.0	513,8	506.2	506,0	11,9	14,2
506,0	518,4	500,1	506,5	506,7	493,2	514,3	506,9	507,1	12,0	13,6
507,0	518,9	500.2	506,7	506,8	492,9	513,9	506,6	506,0	12,1	13,8
506,5	518,9	500,4	506,8	506.9	493,1	514,1	506,8	596,4	12,2	13,7
506,4	518,8	500,5	506,9	506.9	493,0	513,8	506,5	506,9	12,0	13,6
506,9	518,9	500,6	506,9	507,0	493,0	513,9	506,6	506,4	12.0	13,7
507,5	518,8	500,7	507,0	507,0	493,0	514,0	506,7	506,8	11,9	13,8
507,0	518,6	500,1	506,5	506,8	493,4	514,9	507,4	507,0	11,9	13.8
								Mittel	12,0	13,78

Die Stromstärke 53,4. Das Mittel aus beiden 54,7.

Die in der dritten und siebenten Columne vorkommenden Zahlen sind, was wir oben v genannt haben, oder die Punkte, wo die Geschwindigkeit der Nadel unmittelbar nach dem vom Inductionsstrome bewirkten Ausschlag Null war. In der vierten und achten Columne sind die aus den Zahlen in der zweiten und dritten sammt sechsten und siebenten nach der Formel (19) berechneten Ruhelagen aufgenommen worden. In der fünften und sechsten Columne findet man die beobachteten Ruhelagen, nachdem die Nadel zu Ruhe gekommen war. Man sieht, dafs die berechneten und beobachteten Ruhelagen sich wenig von einander unterscheiden und dafs jene in den meisten Fällen, wie es seyn mufs, zwischen zwei aufeinander folgenden beobachteten Ruhelagen liegen. Diefs ist ein Beweis für die Genauigkeit der Formel (19) und der Gleichungen, aus welchen sie abgeleitet worden ist, also auch dafür, dafs die Dämpfung der Geschwindigkeit der Nadel proportional gesetzt werden kann. Die zwei letzten Columnen sind nach der Formel (16) berechnet worden.

No. 16.

Dieselben zwei Becher, wie vorher. Die Magnetnadel wurde bei 506,0 durch Oeffnen oder Schliefsen der Kette zurückgeworfen. Die Stromstärke 57,7.

				Gleichgewichtslage berechnet während die Kette geschlossen	offen war.	Ausschlag beim Oeffnen	Schliefsen
516,1	502,0	495,7	512,0	506,9	506,4	12,3	13,4
516,1	502,0	496,0	512,0	506,9	506,4	12,3	13,1
516,1	502,0	495,9	512,0	506,9	506,4	12,3	13,2
516,1	502,0	496,0	512,2	506,9	506,5	12,3	13,1
516,1	502,0	496,0	512,3	506,9	506,6	12,3	13,2
516,1	502,0			506,9			
					Mittel	12,3	13,2

Die Stromstärke 55,8. Das Mittel aus beiden 56,8.

Die vier ersten Columnen sind mit den vier ersten der Tabelle (7) analog. Die Zahlen der fünften Columne sind aus den der zwei ersten und die der sechsten Columne aus den Zahlen der dritten und vierten Columne nach der Formel (19) berechnet worden. Die zwei letzten Columnen sind nach der Formel (18) erhalten.

Aus den zwei letzten Versuchen folgt, dafs der Unterschied zwischen den Inductionsströmen von der Zeit, während welcher die Kette offen und geschlossen geblieben ist, abhängt. Im Versuche No. 15, wie in allen vorhergehenden, war die Kette die ganze Zeit offen oder geschlossen, die die Nadel brauchte um in Ruhe zu kommen. Im Versuche No. 16 aber folgte das Oeffnen und Schliefsen der Kette nach Verlauf zweier Schwingungen oder ungefähr 17 Sekunden. Diefs wird durch die folgenden Versuche bestätigt. Bei diesen war die Polarisation in der Säule sehr stark, was daraus hervorging, dafs, wenn ein Becher in entgegengesetzter Richtung wie die zwei übrigen gestellt wurde, der Ausschlag beim Schliefsen der Kette nicht mehr als drei Scalentheile betrug und beim Oeffnen derselben unmerklich war. Diefs konnte nicht von einer Verschieden-

heit der elektromotorischen Kraft der verschiedenen Becher herrühren, weil das Resultat unverändert blieb, welcher von den drei Bechern auch in seiner Richtung umgekehrt werden mochte.

No. 17.

Drei Grove'sche Becher. Die Kette wurde geöffnet und geschlossen, sobald die Nadel zur Ruhe kam. Die Stromstärke 79,6. Die Columnen stehen in derselben Ordnung wie in No. 15.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette offen war.	Gleichgewichtslage beobachtet während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette geschlossen war.	Gleichgewichtslage beobachtet während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Ausschlag beim Schliefsen.
512,0	495,0	521,0	512,0	512,0	534,9	498,5	511,2	511,8	17,0	23,8
511,9	494,3	521,0	511,7	512,0	535,1			512,6	17,3	22,7
513,0	495,3	522,1	512,8	513,0	536,0	501,0	513,1	514,0	17,6	22,9
514,0	496,2	523,9	514,2	514,6	538,5	500,5	513,7	514,5	17,9	24,5
								Mittel	17,45	23,48

Die Stromstärke 81,0. Das Mittel aus beiden 80,3.

Der folgende Versuch wurde so angestellt, dafs *jedesmal*, wenn die Nadel in einem bestimmten Punkte in der Nähe der Gleichgewichtslage ankam, ihre Geschwindigkeit durch Oeffnen oder Schliefsen der Kette vergröfsert wurde. Nachdem die Nadel auf diese Weise einige Schwingungen gemacht hatte, wurden die Ausschläge, wie im Versuche No. 16, constant. Weil die Nadel keine ganze Schwingung ungestört machte, so konnten ihre successiven Ruhelagen nicht berechnet werden. Die Ruhelage wurde deswegen vor und nach dem Versuche beobachtet, und man nahm an, dafs sie während desselben sich der Zeit proportional verändert habe. Auf diese Weise war die Kette nur ungefähr $8\frac{1}{2}$ Sekunden offen oder geschlossen. Die zwei letzten Columnen sind nach einer Formel, die man erhält, wenn

man die Gleichung (17) von der Gleichung (16) subtrahirt, berechnet worden.

No. 18.

Dieselben drei Becher, wie in No. 17. Die Kette wurde bei 520,0 geöffnet und geschlofsen. Die Stromstärke 81,0.

Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
				Oeffnen.	Schliefsen.
480,0	520,9	563,7	521,1	18,3	20,9
480,1	521,2	563,2	521,3	18,7	20,0
480,6	521,4	563,0	521,6	18,8	19,7
481,0	521,6	562,9	521,9	18,9	19,4
481,1	521,8	562,6	522,1	19,2	18,9
482,0	522,1	562,2	522,4	19,0	18,5
				Mittel 18,82	19,57

Die Stromstärke 81,5. Das Mittel aus beiden 81,3.

No. 19.

Dieselben drei Becher wie in No. 18. Jedes *zweite Mal*, wenn die Nadel in 524,0 ankam, wurde sie durch Oeffnen und Schliefsen der Kette zurückgeworfen. Die Stromstärke 81,5. Diese Tabelle ist mit der in No. 16 analog.

				Gleichgewichtslage		Ausschlag beim	
				offen.	geschlossen	Oeffnen.	Schliefsen
	511,1	532,3	541,9	524,9			
515,1	511,4	532,3	541,8	525,0	524,4	18,4	21,2
515,1	511,8	532,4	541,4	525,2	524,4	18,1	21,0
515,1	511,8	532,4	541,3	525,2	524,2	18,0	20,6
515,2	512,0	532,8	541,8	525,6	524,3	18,1	20,4
515,2	512,0	532,8	541,9	525,6	524,4	18,1	20,7
515,8	512,0	533,0	542,0	525,7	524,9	18,1	20,5
516,0	512,1	533,0			525,0	18,0	20,5
						Mittel 18,11	20,70

Die Stromstärke 79,9. Das Mittel aus beiden 80,7.

No. 20.

Dieselben drei Becher, wie im vorhergehenden Versuche. In der ungetheilten Leitung war eine Drahtrolle eingeschaltet. Die Magnetnadel wurde bei 513,0 durch Oeffnen oder Schliefsen der Kette zurückgeworfen. Die Stromstärke 50,5.

				Gleichgewichtslage		Ausschlag beim	
				offen.	geschlossen.	Oeffnen.	Schliefsen.
	504,5	517,0	524,0	512,7			
508,0	504,6	517,1	524,0	512,7	513,5	11,3	13,0
508,1	504,5	517,0	524,0	512,7	513,5	11,2	13,0
508,0	504,5	517,0	524,0	512,7	513,5	11,3	13,1
508,0	504,5	517,0	524,0	512,7	513,5	11,3	13,0
508,1	504,7	517,1	524,0	512,7	513,5	11,3	13,0
508,5	504,9	517,5			513,9	11,2	13,0
					Mittel	11,27	13,02

Die Stromstärke 50,0. Das Mittel aus beiden 50,3.

No. 21.

Dieselben drei Becher wie im vorhergehenden Versuche. Die Kette wurde geöffnet und geschlossen, sobald die Nadel zur Ruhe kam. Die Stromstärke 52,7. Diese Tabelle ist analog mit der in No. 15.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette offen war.	Gleichgewichtslage beobachtet während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette geschlossen war.	Gleichgewichtslage beobachtet während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Ausschlag beim Schliefsen.
510,5	500,0	517,3	511,3	511,3	525,5	502,0	510,2	510,9	11,0	14,9
510,9	500,0	517,0	511,1	511,0	525,0	502,1	510,1	510,2	11,0	14,6
510,1	599,5	517,3	511,1	511,1	525,0	502,1	510,1	510,0	11,3	14,6
510,0	499,2	517,0	510,8	510,9	524,2	502,0	509,8	510,0	11,3	14,0
510,2	499,7	517,0	511,0	510,9	524,5			510,5	11,0	13,9
510,5	500,0	517,0	511,1	511,0	524,5	502,3	510,0	510,5	10,9	14,2
								Mittel	11,08	14,37

Die Stromstärke 51,0. Das Mittel aus beiden 51,9.

No. 22.

Dieselben drei Becher wie vorher. In der ungetheilten Leitung waren zwei Drahtrollen eingeschaltet. Die Stromstärke 42,0. Die Kette wurde geöffnet und geschlossen, sobald die Nadel zur Ruhe kam. Diese Tabelle ist analog mit der vorhergehenden.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette offen war.	Gleichgewichtslage beobachtet während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen.	Für die Bestimmung der Gleichgewichtslage.	Gleichgewichtslage berechnet während die Kette geschlossen war.	Gleichgewichtslage beobachtet während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Ausschlag beim Schliefsen.
511,1	503,0	517,4	512,4	512,5	523,0			511,2	9,0	11,4
511,6	503,0	517,4	512,4	512,4	523,0	504,9	511,2	511,9	9,1	11,4
511,9	503,0	517,8	512,7	512,7	523,1	505,0	511,3	512,0	9,4	11,3
512,0	503,1	518,0	512,8	513,0	523,9			512,5	9,4	11,2
512,5	504,0	518,4	513,4	513,3	524,0	505,6	512,0	512,5	9,1	11,6
								Mittel	9,20	11,38

Die Stromstärke 42,2. Das Mittel aus beiden 42,1.

Aus diesen Versuchen geht unstreitig hervor, dafs der Unterschied der Inductionsströme von der Zeit abhängt, während welcher die Kette offen oder geschlossen geblieben ist. Im Versuche No. 17 ist dieser Unterschied 6,03 Scalentheile, in No. 19, wo Oeffnen und Schliefsen nach Verlauf von 17 Sekunden aufeinander folgten, ist derselbe nur 2,59, und in No. 18, wo diese Zeit die Hälfte davon ist, beläuft sich der Unterschied auf 0,75. Dieselben Resultate gehen aus No. 20 und 21 hervor. Der nachfolgende Versuch zeigt, dafs die Inductionsströme gleich grofs werden, wenn die Kette beständig geschlossen ist.

No. 23.

Zwischen *b* und *s* (Figur 1, Tafel 1) wurde ein Leitungsdraht eingeschaltet, dessen Widerstand eben so grofs war, wie der in der Leitung *ckb*. Mittelst der vorher erwähnten Vorrichtung bei *q*, war es leicht zu bewirken, dafs, sobald die Kette bei *q* geöffnet wurde, der erwähnte Leitungsdraht bei *s* eingeschaltet, und, sobald man die Kette

bei *q* schlofs, die directe Leitung zwischen *b* und *s* aufgehoben wurde. Die Säule war auf diese Weise in einer stätigen Wirksamkeit, obgleich der Strom nur periodisch durch die Leitungsdrähte *ckb* hindurchging. Wenn also die Polarisation die Ursache des beobachteten Unterschiedes zwischen den Inductionsströmen war, so mufste derselbe hierdurch verschwinden. Der folgende Versuch beweist, dafs diefs wirklich der Fall ist.

Vier Grove'sche Becher. Die Kette wurde geöffnet und geschlossen, sobald die Magnetnadel zur Ruhe kam. Zum Vergleich war während der sechs ersten und drei letzten Beobachtungen keine directe Leitung zwischen *s* und *b*, während die Kette offen war.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schliefsen
506,0	538,3	506,5	469,0	506,1	31,9	37,2
505,9	536,6	506,3	468,5	505,0	30,4	36,9
506,5	536,7	506,5	469,2	506,0	30,2	36,9
506,1	538,5	506,5	468,8	506,9	32,1	38,0
507,1	537,0	507,0	471,0	506,5	30,0	35,6
506,1	537,9	507,1	469,2	505,0	31,1	36,4
				Mittel	30,95	36,83

Directe Leitung zwischen *b* und *s*, sobald die Kette bei *q* geöffnet wurde.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim	
					Oeffnen.	Schliefsen
506,9	537,0	507,0	475,9	506,1	30,0	30,5
507,0	536,7	507,1	478,0	507,5	29,6	29,4
507,0	536,0	507,5	479,0	507,8	28,6	28,7
508,0	536,0	507,9	479,8	508,1	28,1	28,2
508,0	535,9	508,0	480,0	508,5	27,9	28,3
508,5	535,9	508,0	480,9	509,1	27,7	27,9
508,0	535,4	508,1	480,9	507,8	27,3	27,0
507,5	535,0	508,3	480,9	508,0	26,9	27,2
				Mittel	28,26	28,40

Keine directe Leitung zwischen *b* und *s*.

Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen.	Gleichgewichtslage, während die Kette offen war.	Ausschlag beim Schliefsen	Gleichgewichtslage, während die Kette geschlossen war.	Ausschlag beim Oeffnen	Ausschlag beim Schliefsen
507,8	535,0	508,3	471,6	507,9	26,8	36,4
508,0	536,2	508,6	473,8	508,9	27,8	35,0
509,0	536,4	508,5	472,0	509,0	27,7	36,8
				Mittel	27,43	36,07

Der Unterschied der zwei Inductionsströme ist hier nicht mehr als 0,14 Scalentheile und fällt also innerhalb der Gränze der unvermeidlichen Beobachtungsfehler.

XII.

Dafs die Stromstärke, besonders wenn ein Polarisationsgefäfs in die Leitung eingeschlossen ist, beim Schliefsen der Kette sehr schnell abnimmt, kann direct nachgewiesen werden, wenn man die Schwingungen der Nadel beobachtet und ihre successiven Gleichgewichtslagen nach der Formel (19) berechnet.

Vier Grove'sche Becher. Ein Polarisationsgefäfs wurde in die Leitung eingeschaltet. Der anderthalb Meter lange Kupferdraht war wie bei der Messung der Stromstärke in die Leitung eingefügt.

Die Schwingungen der Nadel.	Die berechneten Gleichgewichtslagen der Nadel.
348,2	427,0
469,0	435,8
418,1	439,3
450,5	442,0
437,5	443,6
446,9	445,0
444,0.	

In den ersten 45 Sekunden nach dem Schliefsen der Kette hatte also die Stromstärke um 18 Scalentheile abgenommen, was ungefähr 22 Procent der ganzen Stromstärke ausmachte. Während der darauf folgenden 5 Minuten wurde sie um 5 Scalentheile vermindert und blieb dann eine lange

Zeit

Zeit constant. In einem zweiten Versuche, wo kein Polarisationsgefäfs eingeschaltet war und die Kette zwei Minuten vor dem Schliefsen offen gestanden hatte, war die Abnahme der Stromstärke während der ersten 37 Sekunden 12 Procent und während der darauf folgenden 10 Minuten eben so viel. In einem dritten Versuche, ohne Polarisationsgefäfs, wo die Kette nur 4 Sekunden vor dem Schliefsen geöffnet worden war, belief sich die Abnahme der Stromstärke während der ersten 37 Sekunden auf 6 Procent, während der folgenden 2 Minuten auf 2 Procent und blieb während der darauf folgenden 5 Minuten constant. Man sieht hieraus, dafs die Abnahme der Stromstärke vollkommen so, wie der beobachtete Unterschied der Inductionsströme von der Zeit, während welcher die Kette offen gestanden hat, abhängt, und dafs dieselbe gröfser wird, wenn ein Polarisationsgefäfs in die Leitung eingeschlossen worden ist. Da überdiefs aus dem Versuche No. 23 folgt, dafs die Inductionsströme gleich grofs sind, wenn die Kette beständig geschlossen und die Stromstärke also unverändert bleibt, so ist hierdurch der folgende Satz experimentell bewiesen:

Die beim Oeffnen und Schliefsen einer galvanischen Kette durch die Einwirkung des Stromes auf sich selbst entstehenden Inductionsströme sind gleich grofs, wenn die inducirende Stromstärke in beiden Fällen die nämliche ist. Der Unterschied, der oft wahrgenommen wird, rührt von einer durch die Polarisation in der Säule verursachten Verminderung der inducirenden Stromstärke her.

Wenn man die inducirenden Ströme mit den inducirten vergleicht und die letzten unter der Voraussetzung berechnet, dafs sie den ersten proportional sind, so erhält man die folgende Tabelle:

Die inducirende Stromstärke	Der Inductionsstrom beobachtet	berechnet	Unterschied
33,8	6,93	7,32	− 0,39
42,1	9,20	9,12	+ 0,08
44,8	9,61	9,71	− 0,10
46,0	9,84	9,97	− 0,13
51,9	11,08	11,24	− 0,16
52,8	11,58	11,44	+ 0,14
54,2	12,30	11,74	+ 0,56
54,7	12,0	11,85	+ 0,15
80,3	17,45	17,40	+ 0,05
83,1	17,55	18,00	− 0,45
108,4	23,76	23,49	+ 0,27
113,6	25,09	24,61	+ 0,48

In diese Tabelle sind nur die Versuche, in welchen die Kette, nachdem die Magnetnadel schon zur Ruhe gekommen war, geöffnet und geschlossen wurde, und nur der Inductionsstrom, der beim Oeffnen entstand, aufgenommen worden. Dafs der Inductionsstrom beim Schliefsen der Kette nicht aufgenommen werden konnte, geht daraus hervor, dafs unser Maafs der Stromstärke nicht für den Augenblick gelten kann, in welchem die Kette geschlossen wird, weil die Abnahme der Stromstärke von einem Rheomotor zu einem anderen auf verschiedene Weise variirt. Die dritte Columne ist aus der ersten durch Multiplication mit 0,21665 erhalten. Da die Unterschiede der berechneten und beobachteten Zahlen nicht gröfser als die Beobachtungsfehler sind, so folgt hieraus:

Dafs die beim Oeffnen und Schliefsen einer galvanischen Kette durch die Einwirkung des Stromes auf sich selbst entstehenden Inductionsströme der inducirenden Stromstärke proportional sind.

XIII.

Obgleich man wohl mit Sicherheit voraussehen konnte, dafs die Inductionsströme, die durch eine blofse Variation des inducirenden Stromes hervorgebracht werden, denselben Gesetzen wie diejenigen unterworfen sind, die beim Oeffnen und Schliefsen entstehen, so wurden doch darüber einige Versuche angestellt, von denen es hinreicht den folgenden anzuführen.

Um nach Belieben eine Variation des inducirenden Stromes hervorzubringen, wurden einige Metallscheibchen in die Peripherie einer runden Holzscheibe eingelegt, so dafs sie mit dieser in derselben Ebene lagen und von einander isolirt waren. Im Mittelpunkte der Holzscheibe war eine drehbare Axe von Metall eingesetzt und an dieser ein Metallzeiger gelöthet, der mit dem Ende zwei neben einander liegende Metallscheibchen berühren konnte. Die Metallscheibchen waren in der Nähe ihrer äufseren Kante mit einem Loche versehen, wodurch ein Leitungsdraht gesteckt werden konnte, um sie mit einander in Verbindung zu setzen. Die Axe wurde mit dem einen und eins der Metallscheibchen mit dem anderen Pole der Säule vereinigt. Dieses Metallscheibchen konnte nun auf verschiedene Weise durch einen Leitungsdraht von gröfserem oder kleinerem Widerstande mit einem oder mehreren der anderen Metallscheibchen verbunden werden. Wurde der Zeiger auf das Scheibchen gelegt, das direct mit dem Pole der Säule verbunden war, so wurde die Stromstärke am gröfsten, weil der Widerstand am geringsten war. Wurde der Zeiger auf eines der anderen Metallscheibchen gedreht, das mit dem ersten in Verbindung stand, so wurde der verbindende Leitungsdraht eingeschaltet und der Strom dadurch geschwächt. Die Versuche wurden mit dieser Vorrichtung auf mehrfache Weise abgeändert.

No. 24.

Die Stromstärke variirte zwischen 81,4 und 48,6; also um 32,8.

Gleichgewichtslage der Nadel	Ausschlag beim Steigen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim Fallen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim Steigen	Ausschlag beim Fallen
507,9	500,2	507,0	514,0	506,9	7,0	7,1
506,9	499,0	505,5	512,4	505.9	6,8	6,6
505,0	497,0	503,9	511,2	504,5	7,2	6,9
504,1	496,5	502,1	510,0	503,5	6,0	6,8
503,5	495,7	501,6	509,9	503,0	6,3	7,2
				Mittel	6,66	6,92

Wenn man 3,28 mit 0,21665 multiplicirt, so erhält man 7,11 oder den Ausschlag beim Oeffnen eines Stromes von der Intensität 32,8, was sich von dem beobachteten Ausschlage 6,92 bei der Verminderung der Stromstärke unbedeutend unterscheidet. Hieraus ergiebt sich also, daſs die Inductionsströme, die durch eine Variation der inducirenden Stromstärke hervorgebracht werden, denjenigen vollkommen gleich sind, die beim Oeffnen und Schlieſsen der Kette entstehen.

Schlieſslich wurden auch einige Versuche angestellt, um zu erfahren, welchen Einfluſs die verschiedene Weise, wie die Kette geöffnet und geschlossen wurde, auf die Gröſse des Inductionsstromes ausübte. Es zeigte sich, daſs die Ausschläge gleich groſs waren, wie auch die Kette geöffnet und geschlossen wurde, sobald die dafür nöthige Zeit so kurz war, daſs die Einwirkung des Inductionsstromes auf die Nadel als momentan betrachtet werden konnte. Dieſs ist auſserdem eine nothwendige Folge von dem, was eben angeführt worden ist. Als Beweis hiefür mögen jedoch die folgenden zwei Versuche aufgenommen werden.

No. 25.

Die Stromstärke 47,0. Beim Oeffnen der Kette stieg die Stromstärke erst von 47,0 bis 78,0 und ging dann direct zu Null über und beim Schlieſsen umgekehrt. Das Oeffnen und Schlieſsen geschah, sobald die Magnetnadel zur Ruhe gekommen war.

Gleichgewichtslage der Nadel	Ausschlag beim Steigen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim Fallen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim	
					Steigen	Fallen
507,0	517,5	507,0	495,2	506,9	10,5	11,7
507,6	517,5	507,0	495,0	507,3	10,3	12,2
507,5	518,0	507,9	496,0	507,0	10,2	11,3
507,0	517,8	507,1	495,0	507,0	10,7	12,0
507,0	518,0	508,3	496,0	508,1	10,0	12,2
				Mittel	10,34	11,88

No. 26.

Die Stromstärke 77,5. Beim Oeffnen der Kette ging der Strom über 47,0 bis Null und beim Schliefsen umgekehrt. Die Kette wurde geschlossen und geöffnet, sobald die Nadel zur Ruhe kam.

Gleichgewichtslage der Nadel	Ausschlag beim Steigen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim Fallen des Hauptstroms	Gleichgewichtslage	Ausschlag beim	
					Steigen	Fallen
509,0	525,9	509,0	490,0	509,6	16,9	19,4
509,3	526,3	508,6	489,0	509,0	17,5	19,9
508,9	526,1	508,9	490,0	509,5	17,2	19,3
509,2	526,0	508,0	489,1	509,1	17,6	19,7
				Mittel	17,30	19,58

Multiplicirt man 47,0 und 77,5 mit 0,21665, so erhält man 10,18 und 16,79, welche Zahlen sehr nahe mit den beobachteten übereinstimmen. Diefs ist ein Beweis dafür, dafs der Inductionsstrom der totalen Variation proportional ist, von welcher Beschaffenheit auch diese seyn mag.

Mag es mir schliefslich erlaubt seyn, Herrn Professor Weber meinen innigsten Dank für die gütige Erlaubnifs zur Benutzung der Apparate, sowie für seine unschätzbare Anleitung abzustatten, durch welche er jetzt fast seit einem Jahre meine physikalischen Studien mir erleichtert hat.

II. *Ueber die Wirkung der Hefe; von Dr. Schubert in Würzburg.*

Im Bande 69, S. 157 u. 542 dies. Ann. wurden von mir bereits einige Andeutungen über die Wirkungsweise der Hefe mitgetheilt. Ich habe später mehrere Versuche vorgenommen, um die dort aufgestellte Ansicht besser zu begründen und zu vervollständigen. Ich will es versuchen, dieselbe hier theils aus bekannten Thatsachen, theils aus den von mir gemachten Beobachtungen zu entwickeln.

Die Frage, welche hier zunächst beantwortet werden mufs, heifst: Durch welche Eigenschaft sind Fermente allein im Stande, die Gährung zu erregen, so dafs sie mit dieser Eigenschaft auch ihre gährungerregende Kraft verlieren?

Eiweifsstoff, Pflanzenleim und ähnliche stickstoffhaltige organische Körper werden nur dadurch zu Fermenten, dafs sie, wenn auch nur auf kurze Zeit, mit dem Sauerstoff der Luft in Berührung kommen. Diefs weist auf eine Veränderung ihrer Zusammensetzung hin, welche sich auch durch die chemische Analyse bestätigt hat.

Diese chemische Umänderung steht aber mit einem Vegetationsprocefse in Verbindung. Aus dem stickstoffhaltigen Körper entstehen bei der Hefenbildung kleine pflänzliche Organismen — die Hefenpilze. Dieser Vegetationsprocefs selbst wird von vielen Chemikern als die eigentliche Ursache des Gährungsprocesses angesehen; sie betrachten die Kohlensäure und den Weingeist als die Ausscheidungsstoffe, welche zurückbleiben, wenn der Zucker als Nahrung von den Hefenpilzen aufgezehrt worden ist.

Diese Ansicht wird nicht wenig durch die Thatsache unterstützt, dafs sowohl chemische als mechanische Einwirkungen, welche das Leben solcher Pflanzengebilde zerstören, auch die gährungerregende Kraft der Hefe vernichten. Sublimat und andere Substanzen dieser Art, welche im Allgemeinen giftig auf Pilze einwirken, heben auch die Wirkung der Hefe auf. Diefs geschieht dagegen durch Brechweinstein nicht; er wirkt zwar mit Heftigkeit auf den thierischen Organismus, aber er ist unschädlich für den der Pflanzen und es entstehen selbst in seiner Auflösung bald Pilze aus seinen eigenen Bestandtheilen.

Die Hefe verliert ferner, nach Lüdersdorff's Beobachtung, ihre Wirksamkeit vollständig, wenn man sie so lange auf einer harten Unterlage reibt, bis man unter dem Mikroskop kein unzerquetschtes Kügelchen mehr wahrnimmt.

Andere Beobachtungen indessen, auf die wir unten zurückkommen werden, lassen für eine solche Erklärungsweise

wenig Wahrscheinlichkeit übrig. Diese scheint danach in ganz anderer Weise gefafst werden zu müssen.

Die Wirkung der Hefe kann jetzt nicht mehr in dem Vegetationsprocesse selbst gesucht werden, welcher ihre Bildung begleitet, sondern in der Beschaffenheit der Hefe *nach* diesem Vegetationsprocesse, seitdem man weifs, dafs die Weingährung auch durch ganz andere Substanzen eingeleitet werden kann, wenn sie nur die für die Gährung *wesentlichen* Eigenschaften der Hefe besitzen, mag ihre gährungerregende Kraft die Folge eines *Vegetations*processes seyn oder nicht. Diese wesentliche Eigenschaft, welcher die Hefe allein ihre Wirksamkeit verdankt, ist aber weiter nichts als die Fähigkeit, Gase zu absorbiren.

Die Absorptionskraft poröser Körper beschränkt sich nicht blofs auf Gase, sondern macht sich auch gegen Flüssigkeiten und feste Stoffe geltend, welche in Flüssigkeiten aufgelöst sind. So zieht die Kohle das Fuseloel, in Flüssigkeiten gelöste Farbstoffe u. dgl. an.

Auch durch Milch, Brod, Fliefspapier etc. lassen sich Flüssigkeiten entfärben. Die Anziehungskraft der organischen Faser zu den Farbstoffen und die der Thierfaser zur Gerbsäure gehören gleichfalls hieher. Durch Senfmehl, Mandelkleie, Goldschwefel, Schwefelmilch, ungelöschten Kalk u. s. w. werden starke Gerüche zerstört, welche von ätherischen Oelen, Moschus etc. herrühren. Durch Ammoniakzusatz oder durch blofses Erhitzen werden letztere wieder unverändert daraus entwickelt, weil das Ammoniak noch stärker von diesen Substanzen angezogen wird, als die genannten Riechstoffe. Ammoniak dagegen wird wieder durch fixe Alkalien daraus verdrängt.

In manchen Fällen steigert sich diese Wirkung der Adhäsion so sehr, dafs sie selbst chemische Verbindungen hervorzurufen und andere wieder aufzuheben vermag, um jene Zusammensetzungen zu bilden oder auszuscheiden, zu denen der poröse Körper gerade eine besondere Flächenanziehung besitzt.

Fein zertheiltes Platin vereinigt den Sauerstoff mit Was-

serstoff zu Wasser, mit Alkohol zu Essigsäure, mit Holzgeist zu Ameisensäure, mit schwefliger Säure zu Schwefelsäure mit solcher Heftigkeit, dafs es sich dabei bis zum Glühen erhitzt. Auch der Bimsstein ist im Stande, die Verbindung der schwefligen Säure mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft zu Schwefelsäure zu vermitteln. Der Platinschwamm zersetzt ferner mit Wasserstoff gemengtes Cyangas um Wasser und Ammoniak daraus zu bilden.

Auch die Kohle vermag chemische Verbindungen zu zersetzen und zu bilden. So wird z. B. Bleioxyd aus seiner Auflösung in Aetzkali, Antimon- und Wolframsäure aus ihren löslichen Salzen, Schwefelantimon und Schwefelarsenik aus ihrer Verbindung mit Schwefelammonium durch Kohle abgeschieden und absorbirt. Im glühenden Zustande eingetaucht, zersetzt sie auch die Auflösungen stärkerer Verbindungen, wie Zinn-, Kupfer- und Quecksilbersalze. Das Kohlenpulver scheidet ferner nach Schönbein's Beobachtung aus erstem Salpetersäurehydrat Untersalpetersäure ab, ohne dafs dabei Kohlensäure gebildet wird und vereinigt Chlor mit dem Wasserstoff des Wassers zu Salzsäure.

Substanzen, welche sich nur bei starker Erhitzung zersetzen, erleiden mit Platinschwamm gemengt diese Zersetzung bei einer weit niedrigeren Temperatur. So giebt z. B. Weinsäure und Traubensäure mit Platinschwamm gemengt schon bei + 128° R. Kohlensäure und Wasser, die verschiedenen Zuckerarten bei 112 bis 120° Kohlensäure, Olivenöl bei 60 bis 70°. Bimssteinpulver zersetzt Trauben- und Citronensäure noch früher und vollständiger als Platinschwamm. Oxalsäure, auf welche Platinschwamm und Bimsstein ganz unwirksam sind, wird dagegen durch Kohle zersetzt, aber auf ganz andere Weise als durch Zersetzung für sich.

Das Superoxyd und Supersulfuret des Wasserstoffs werden durch blofse Berührung mit verschiedenen festen, besonders pulverförmigen Körpern, vorzüglich aber mit Kohle und edlen Metallen mit vieler Heftigkeit zersetzt. Der Faserstoff des Blutes thut dasselbe, während das Eiweifs

diese Verbindungen unverändert läfst. Nach Schlofsberger's Beobachtung bewirkt frische Bierhefe dieselbe Zersetzung, verliert dagegen diese Fähigkeit durchs Kochen.

Ein merkwürdiges Beispiel von chemischer Zersetzung durch poröse Körper bildet auch das Färben mit adjectiven Farben. Die Auflösungen organischer Farbstoffe, wie Fernambuk, Blauholz u. dgl. werden durch verschiedene poröse Körper entfärbt, weil diese eine ganz besondere Anziehungskraft für solche Farbstoffe besitzen. Die Thonerde hat gleichfalls eine auffallende Neigung, sich mit diesen Farbstoffen zu vereinigen. Allein die unauflöslichen Verbindungen, welche daraus entstehen, die sogenannten Lackfarben, kann man defsungeachtet nur dadurch erhalten, dafs man die Thonerde im freien Zustande mit der Farbauflösung zusammenbringt.

Die Thonerde wirkt hier wohl nicht als Basis, sondern nur als poröser Körper, indem andere Pulver ganz ähnlich wirken, welche *keine* Basen sind. Zumal wird hier die Thonerde im frisch gefällten, also höchst fein zertheilten Zustande angewendet, wodurch es sich sehr einfach erklärt, warum sie in der angegebenen Beziehung so viele andere Körper übertrifft. Wenn man mit Alaun eine Lackfarbe herstellen will, so wird allerdings von manchen Farbstoffen, wie Karminstoff und Fernambukroth, die Thonerde aus dem Alaun abgeschieden. Es wird indessen hier immer eine beträchtliche Zeit erfordert, bis sich der Farbstoff niederschlägt. Für die meisten Farbstoffe und um die Abscheidung *augenblicklich* zu bewirken, mufs jedesmal die Thonerde erst durch ein Alkali aus dem Alaun abgeschieden werden.

Die organische Faser verbindet sich gleichfalls mit den meisten organischen Farbstoffen nicht *unmittelbar*. Wenn der zu färbende Zeug ungebeizt in die Farbbrühe getaucht wird, so waschen sich die meisten Farbstoffe sehr leicht wieder aus. Eine dauerhafte Farbe entsteht nur, wenn man zuvor den Zeug mit Alaunauflösung befeuchtet. Der Farbstoff wird dann in der Faser von derselben Beschaf-

fenheit niedergeschlagen, wie bei der Bildung der Lackfarbe, nämlich in Verbindung mit Thonerde.

Wenn der Farbstoff für sich den Alaun nicht zu zersetzen vermag, so mufs diefs hier offenbar von dem organischen Faserstoff bewirkt werden. Der Faserstoff erweist sich gegen die stärkste Basis nicht als Säure, diefs kann also um so weniger der Fall seyn bei einer so schwachen Basis, wie die Thonerde. Seine Wirkung beruht sonach offenbar auf blofser Absorptionskraft. Dieselbe hebt hier die anerkannt mächtige Verwandtschaftskraft der Schwefelsäure zu einer Basis auf.

Um wie vieles leichter läfst sich nun eine solche Wirkung bei organischen Verbindungen von so geringer Beständigkeit wie der Zucker annehmen.

Man pflegt diese sonderbare Eigenschaft der porösen Körper gewöhnlich für eine Art von chemischer Verwandtschaft zu halten, welche die chemische Verbindung vermittelt; Berzelius's katalytische und Mitscherlich's Contactverwandtschaft. Allein streng genommen ist ja chemische Verwandtschaft nur jene Anziehung, die unter günstigen Umständen mit einer wirklichen chemischen Verbindung endet. Diefs thut aber die Kohle bei allen diesen Wirkungen nie. Es kann diese Eigenschaft nichts als eine Folge der Flächenanziehung seyn, welche sich durch Vermehrung der Fläche, durch Zunahme der Porosität bis zu jenem hohen Grade gesteigert hat.

Das Platin hat auch als Blech die Eigenschaft, Sauerstoff mit Wasserstoff zu Wasser zu vereinigen, aber es geschieht dann weit langsamer und ohne Feuererscheinung. Beobachtet man den Platinschwamm einer Zündmaschine, dessen Wirkung nach längerem Gebrauche etwas nachgelassen hat, so sieht man, dafs er oft gar lange schon glüht, bevor sich das anströmende Wasserstoffgas entzündet, oder letzteres entzündet sich gar nicht. Die Entzündung des Gases ist offenbar eine Folge der Erhitzung des Schwammes und die Wasserbildung geht bekanntlich ohne Feuererscheinung von Statten, wenn man die Wirkung des Platin-

schwammes auf irgend eine Weise schwächt, z. B. durch Zusammenkneten mit Thon. Auch bei der Essigbildung durch Platinschwamm, wird zuerst *dieser* heifs und selbst glühend. Wenn nun die Wirkung des Platinschwammes mit seiner eigenen Erhitzung beginnt, so ist wohl die Erklärung die ungezwungenste, dafs sich der Wasserstoff nur dann mit dem Sauerstoff verbinde, wenn sich dieser (wie hier im Platinschwamm) im verdichteten Zustande vorfindet. Sobald der Schwamm seinen Sauerstoff verloren hat, zieht er rasch wieder neuen aus der Luft an, giebt ihn wieder an den Wasserstoff ab u. s. f. Durch diese fortgesetzte Verdichtung von Sauerstoffgas entwickelt letzterer bald die zum Glühen des Platinschwammes nöthige Wärme.

Wie bei der Weingährung, so erzeugt sich auch bei der Essigbildung eine kryptogamische Vegetation, ein Schimmelpilz, *Mycoderma aceti.* Man hat diese Substanz lange für ein eigenthümliches Ferment der Essiggährung angesehen und deshalb Essigmutter genannt, bis spätere Beobachtungen gelehrt, dafs ihre Eigenschaften, die Essigbildung hervorzurufen, zum Theil auf ihrer Porosität beruhe und dafs Brod, Obst, Hobelspäne u. s. w. dieselbe Wirkung thun. Platinschwarz wirkt aber weit schneller als alle diese Körper.

Die Essigbildung erfolgt allerdings auch ohne Mithülfe poröser Körper für sich, nur dann weit langsamer. Es ist aber auffallend, wie sehr diese Körper die Essigbildung beschleunigen. Platinschwarz bewirkt sie augenblicklich, wenn es mit Alkohol zusammentrifft. Die Wirksamkeit anderer poröser Körper läfst sich indessen auch nicht unbedeutend beschleunigen, wenn man dem Weingeist für sich oder noch besser nebst dem porösen Körper etwas fertigen Essig oder Weinstein zusetzt. Ueber den Zweck dieser Zusätze ist nicht wohl eine andere Vermuthung möglich, als dafs diese Substanzen mit dem Weingeist in elektrische Spannung treten, so dafs dessen Elektropositivität, resp. seine Verwandtschaft zum Sauerstoff, gesteigert wird. Die Chemie hat eine Menge solcher Beispiele aufzu-

weisen. Es ist bekannt, dafs das Eisen weit rascher rostet, wenn es mit Salzauflösungen, als wenn es mit blofsem Wasser befeuchtet wird, auch wenn es die Salze dabei nicht im Mindesten zersetzt.

Millon hat viele solche Versuche angestellt. Er fand, dafs schwache Pflanzensäuren, wie Citronensäure, Metalle auflösen, wenn man ihnen gewisse Salze zusetzt, während sie diefs für sich nicht im Stande sind, und dafs die Auflösung der Metalle in Mineralsäuren durch solche Zusätze bedeutend beschleunigt wird. Obgleich Mineralsäuren und ihre Salze weit kräftigere elektrische Gegensätze hervorrufen als die schwachen organischen Säuren, so sind doch die ersteren für organische Processe, wie die Essigbildung, nicht zweckdienlich, weil sie sich sogleich mit den organischen Substanzen zu festeren Verbindungen vereinigen und sie dadurch an der Zersetzung völlig hindern.

Die Neigung des Zuckers in Weingeist überzugehen, ist offenbar weit schwächer als die Neigung des Weingeistes zur Essigbildung; die Weingeistbildung erfolgt nicht, wie die letztere von selbst, sondern es bedarf dazu der Gegenwart eines porösen Körpers.

Die Hefe mufs sauer reagiren durch eine Pflanzensäure [1]), wenn sie wirksam seyn soll, bei alkalischer Reaction bildet sie keinen Weingeist. Sie enthält stets etwas Essigsäure, welche zum Theil durch Ammoniak gesättigt ist, die Hefe des Weins auch Weinsteinsäure und Aepfelsäure. Durch die Gegenwart dieser Salze kann die Gährung bedeutend gesteigert werden. Colin und Thenard haben schon lange den günstigen Einflufs des Weinsteins auf die Gährung bezeichnet.

Kochsalz, doppelt kohlensaure Salze von Kali, Natron, Kalk, besonders aber kohlensaures Ammoniak sollen die Gährung befördern, daher die gröfsere Ausbeute an Branntwein, wo man mit kalkhaltigem Wasser einmaischt. Die Carbonate leiten eine Milchsäuregährung ein, welche bei gröfserem Zusatz der Salze die Alkoholbildung fast ganz

1) Rousseau in *Compt. rend. Nr.* 17. 1843. *p.* 942.

unterdrückt, bei kleinerer Menge dagegen milchsaures Salz erzeugen, welches dann die Alkoholbildung nicht verhindert. Die Quantität dieser Stoffe darf natürlich nicht so bedeutend seyn, dafs sie die Entwickelung der Hefenpilze hindert, oder die entstandenen durch chemische Einwirkung zerstört. Auch der Weingeist scheint ähnlich wie die Pflanzensäuren zu wirken. Ein Uebermaafs desselben unterdrückt die Gährung, dagegen gährt ein schwach mit Weingeist versetzter Most weit rascher, als ohne diesen Zusatz und die Bierbrauer versetzen die Hefe mit schwachem Weingeist, um ihre Wirkung zu verstärken. Durch Auswaschen verliert die Hefe ihre gährungerregende Kraft vollständig.

Dafs der Gehalt der Hefe an einer Pflanzensäure oder einem pflanzensauren Salze zur Gährung von Wichtigkeit sey, erscheint nach dem Vorhergehenden als ausgemacht. Es bleibt nun noch übrig, einerseits die Wichtigkeit ihrer Absorptionskraft nachzuweisen und darzuthun, ob beide Momente zugleich wirken müssen, oder jedes für sich hinreicht.

Brendecke machte die Beobachtung, dafs Traubenzuckerauflösung in lebhafte Weingährung übergeht, wenn man dieselbe mit saurem wein- oder citronensaurem Ammoniaksalz und zugleich mit irgend einem porösen Körper, wie Kohle, Stroh, Asbest, Blattgold u. s. w. versetzt und bei der gewöhnlichen Gährungstemperatur der Einwirkung der atmosphärischen Luft überläfst. Filtrirte Traubenzuckerauflösung für sich mit einem der angegebenen Salze zusammengebracht, gelang ihm nicht zur Gährung zu bringen.

Ich vermochte mir anfangs keine Vorstellung zu machen von der gemeinschaftlichen Wirkung der beiden angegebenen Stoffe, um so weniger, als Brendecke fand, dafs das angewendete Salz keine merkliche Veränderung bei diesem Vorgange erleidet.

Später wurde mir Lüdersdorff's S. 198 erwähnte Beobachtung von der Vernichtung der Wirksamkeit der Hefe durch das Zerquetschen der Hefekügelchen bekannt. Er sah in dieser Thatsache einen neuen Beweis für die Ansicht,

dafs die Wirkung des Fermentes in einem Vegetationsprocesse bestehe, weil eine blofse mechanische Zerstörung des Gewebes allein schon hinreiche, die gährungerregende Kraft aufzuheben.

Es fielen mir aber sogleich wieder Brendecke's Versuche ein, welche mich Lüdersdorff's Wahrnehmung von einer ganz andern Seite ansehen liefsen. Ich glaubte vielmehr daraus ableiten zu müssen, dafs die gährungerregende Eigenschaft der Hefe lediglich auf ihrer Absorptionskraft beruhe, und dafs auch bei dem Brendecke'schen Versuche der poröse Körper durch seine Absorption die Hauptrolle spiele. Es fragte sich demnach jetzt, ob die gleichzeitige Gegenwart eines der angegebenen oder irgend eines anderen Salzes für unerläfslich, oder für ein blofses Beförderungsmittel für die Einleitung der Gährung zu betrachten sey.

Ich wiederholte die Versuche, wie sie Brendecke beschreibt, und benutzte dabei als porösen Körper vorzugsweise die Kohle, wegen ihrer kräftigen und gleichmäfsigen Wirkung.

Es wurdem 144 Gran Krümelzucker in 1440 Gran Wasser gelöst und mit 90 Gran Holzkohle und 45 Gran zweifach weinsaurem Ammoniak in eine Temperatur von 15 bis 16° R. gebracht.

Brendecke giebt an, dafs ihm die Versuche, den gemeinen Zucker auf solche Weise in Gährung zu bringen, nicht gelungen seyen. Nach den von mir hierüber angestellten Versuchen steht derselbe dem Traubenzucker in dieser Hinsicht nicht nach, und ich benutzte ihn daher auch für meine weiteren Versuche. Die Resultate meiner Untersuchungen bestehen in Folgendem:

Die Kohle wirkt um so kräftiger, je poröser sie ist. Ihre Wirkung wird bedeutend geschwächt, wenn man sie zu Pulver zerreibt. Letzteres braucht unter denselben Verhältnissen zur Einleitung der Gährung 9 Tage, wo für ganze Kohlenstücke 5 Tage mehr als hinreichend sind. Wie die Kohle, verhalten sich auch andere poröse Körper, z. B.

der Bimsstein. Aus sehr verdünnter Alaunauflösung mit verdünnter Sodaauflösung gefällte, also äufserst fein zertheilte und ganz durchscheinende ausgewaschene, Thonerde bewirkte schon am zweiten Tage Gasentwickelung, während die mehr als dreifache Menge einer concentrirt gefällten, undurchsichtigen, also mehr dichten Thonerde am fünften Tage noch äufserst wenig Gas entwickelte. Ebenso verhielt sich frisch gefälltes Eisenoxyd.

Unter allen porösen Körpern, welche Brendecke aufführt, wie Kohle, Stroh, Blattgold und Blattsilber, Schwefelblumen, Asbest, Stärkmehl, Papier, sowie von denen, welche aufserdem noch von mir untersucht worden sind, nämlich Platinschwamm, Bimsstein, frisch gefällte Thonerde und Eisenoxyd, so wie gebrannter Thon und Traganthgummi wirkt Platinschwamm, und nächst diesem die Kohle, unstreitig am schnellsten und kräftigsten, obgleich sie beide der Hefe noch immer sehr weit nachstehen. Denn während die Hefe schon in einer Stunde die Gährung einzuleiten vermag, erfordert die Kohle hiezu unter den günstigsten Verhältnissen wenigstens 24 Stunden, und ihre Wirkung ist deshalb auch, wie die aller anderen Substanzen welche die Gährung nur träge einleiten, z. B. Käsestoff, Thierfaser, Thiereiweifs stets von Milchsäure- und nachher Buttersäurebildung begleitet.

Obgleich schon 1 Procent Hefe von dem Gewichte des Traubenzuckers hinreicht, die Gährung einzuleiten, so ist doch nicht zu verkennen, wie sehr die Stärke ihrer Wirkung durch Vermehrung der Quantität gesteigert werden kann. Drei Zuckerauflösungen, welche ich mit 2, 4 und 8 Procent Hefe versetzte, kamen zwar ziemlich zu gleicher Zeit in Gährung, allein die Gasmengen, welche sich in derselben Zeit entwickelten, waren nahezu proportional den Quantitäten der Hefe, und die Erfahrung hat es längst bestätigt, dafs in den Jahren, wo die Trauben stark faulen und der Most rasch vergährt, auch allemal viel Hefe abgeschieden wird.

Bei anderen porösen Körpern, welche langsamer wirken als die Hefe, kann man diefs noch deutlicher sehen. Sieben

Auflösungen von 144 Gran Zucker in 3 Unzen (1440 Gr.) Wasser, welche mit 6, 13, 27, 45, 90, 180 und 360 Gran ganzer Kohle und etwas Weinstein versetzt waren, kamen in 9, 8, 8, 7, 6, 6, 5 Tagen in Gährung, welche, wenn sie auch an gleichen Tagen eintrat, sich wenigstens auf Seite der gröfseren Kohlenmenge weit kräftiger zeigte. Hat übrigens die Gährung den Höhepunkt ihrer Thätigkeit erreicht, dann wirken kleine Mengen mit ziemlich gleicher Energie wie die gröfsten.

Hiemit soll übrigens nicht behauptet werden, dafs man in der Praxis nie zu viel Hefe zur-Einleitung der Gährung anwenden könne. Es scheint hier allerdings eine Gränze zu geben, wo ein Ueberschufs nachtheilig wird. Bei 6 bis 45 Gran Kohle hatte sich neben dem Weingeist etwas Essigsäure gebildet, am meisten bei 6 und am wenigsten bei 45 Gran. Bei 90 Gran war keine Essigsäure wahrzunehmen, aber die Flüssigkeit war schleimig und enthielt etwas Milchsäure; beide Erscheinungen waren aber schon sehr beträchtlich bei 360 Gran, d. h.: Bei zu *wenig* Kohle werden so kleine Alkoholmengen auf einmal gebildet oder es bleibt ein sehr verdünnter Weingeist so lange mit der Luft in Berührung, dafs er sich immer schon zu Essigsäure oxydirt hat, bis eine neue Quantität gebildet ist, welche hinreichend wäre, die Essigbildung zu verhindern. Ist dagegen die Menge der Kohle zu *grofs*, so entsteht Milchsäure und Schleim; die Flüssigkeiten werden zäh oder lang, aus Gründen, die sich vielleicht den weiteren Beobachtungen entnehmen lassen.

Sonst kann eine zu grofse Menge Ferment nur dann schaden, wenn sie einen Einflufs auf die Consistenz der Flüssigkeit hat, wie das Pektin (Traganth), welches die Flüssigkeit so dickflüssig machen kann, dafs diefs die Bildung der Kohlensäure ganz zu unterdrücken scheint. 6 Unzen Zuckerauflösung einmal mit 4, das anderemal mit 30 Gran Traganth versetzt, gährten im erstern Falle in 5 Tagen, im letztern noch sehr wenig in 4 Wochen. Diefs scheint auch Ursache zu seyn, warum concentrirte Zucker-

auf-

auflösungen gar nicht anfangen zu gähren, weil der Zucker das Wasser noch gleichmäfsiger verdickt als der Traganth.

Nun kommen wir an die Frage: Ist zur Einleitung der Gährung durch Kohle die Mitwirkung von Salzen wirklich wesentlich nothwendig oder nicht? Antwort: *Nein.* Der Zucker — Krümelzucker, oder gemeiner Zucker, gährt, sobald seine Auflösung in Wasser mit porösen Körpern in anhaltende Berührung kommt, ohne allen Zusatz von Salz.

Ich habe Auflösungen von gemeinem Zucker mit Platinschwamm, Kohle, Bimsstein, Asbest, gebranntem Thon, Thonerde, Eisenoxyd und Pektin versetzt und sie kamen sämmtlich nach wenig Tagen in Gährung, am schnellsten und lebhaftesten mit Platinschwamm und mit Kohle. 1 Gr. Platinschwamm versetzte eine Auflösung von 144 Gran Zucker in 1440 Gran Wasser am vierten Tage in Gährung, wozu von der Kohle 90 Gran erforderlich sind. Der Platinschwamm stand an der Oberfläche der Flüssigkeit gleichzeitig mit Luft in Berührung. Die anderen Körper wirken noch weit schwächer und langsamer als Kohle.

Wenn auch manche Salze, besonders die sauren Ammoniaksalze der Pflanzensäuren den *Gang* der Gährung etwas befördern, so beschleunigen sie doch den *Eintritt* der Gährung nur wenig oder verzögern ihn selbst bisweilen.

Auffallend ist diefs bei den neutralen Salzen dieser Art. Neutrales weinsaures Ammoniak verzögerte die Gährung bis zum achten Tage, wo sich kaum Spuren von Gas entwikkelten, und eine merkliche Gährung trat erst am zehnten ein. Auch die pflanzensauren Salze anderer Basen verhalten sich ähnlich wie die Ammoniaksalze, sie mögen leicht, schwer oder gar nicht auflöslich seyn.

Wenn man Zuckerauflösungen mit mehr Weinstein versetzt, als sie aufzulösen vermögen, so wirkt ein Ueberschufs viel kräftiger, als wenn nur so viel vorhanden ist, als sich gerade auflöst. Ebenso verhält sich der weinsteinsaure und selbst der ganz unauflösliche oxalsaure Kalk. Der letztere wirkt zwar in einer Menge von 5 auf 144 Zucker in 1440 Wasser wenig, zu 15 dagegen sehr stark.

Die Salze scheinen überhaupt die Gährung in dem Maafse zu begünstigen, je elektronegativer sie sich verhalten, d. h. eine je kräftigere elektrische Spannung sie mit dem neu zu bildenden basischen Körper, dem Alkohol, hervorzurufen im Stande sind, um so dessen Entstehung zu prädisponiren. Dabei müssen sie sich aber möglichst chemisch indifferent gegen den Zucker verhalten, weil sonst das Bestreben, mit diesem eine der Gährung widerstehende Verbindung einzugehen, jene elektrische Erregung überwiegt und statt die Gährung anzuregen, mufs sie vielmehr von diesen Salzen entweder ganz oder doch auf sehr lange Zeit unterdrückt werden.

Das ist der Grund, warum sich besonders die *sauren* pflanzensauren Salze und von diesen wieder die einer möglichst schwachen Basis, nämlich des Ammoniaks, in der Beförderung der Weingährung auszeichnen. Das neutrale weinsaure Ammoniak bewirkte erst in 20 Tagen jenen Grad der Gährung, welchen das saure Salz schon am fünften hervorruft. Auf dieselbe Weise verhielt sich das neutrale und saure Ammoniaksalz der Essigsäure. Wenn die pflanzensauren Salze stärkere Basen enthalten, so müssen sie wenigstens unauflöslich oder schwerlöslich seyn, weil sie dann nicht so leicht mit dem Zucker in wirkliche Verbindung treten. Der Weinstein giebt dem weinsauren Ammoniak an Wirksamkeit wenig nach, während das leicht auflösliche zweifach weinsaure Natron die Gährung geradezu verhindert. Ich versetzte Auflösungen von 444 Gran Zucker in 3 Unzen Wasser mit 2, 5, 10, 20, 40 und 200 Gran dieses Salzes und 90 Gran ganzer Kohle. Die Probe mit 1 Gran fing in der dritten Woche zu gähren an, die mit 10 und 20 nach 8 Wochen. Die beiden letzten waren noch nach einem Vierteljahre völlig unverändert. Für Kohle kann von diesen Salzen, wenn sie die angegebenen erforderlichen Eigenschaften besitzen, nicht leicht zu viel zugesetzt werden, wohl aber für Hefe. Wahrscheinlich tödtet ein Uebermaafs die Hefenpilze und zerstört ihre Absorp-

tionskraft, wovon die gährungerregende Kraft selbst abhängig ist.

Unter den Salzen der anorganischen Basen mit Mineralsäuren wirken besonders die Schwermetallsalze hindernd auf die Gährung. Proben von 8 Unzen Zuckerauflösung mit Kohle und 5 Gran Kupfervitriol, Quecksilbersublimat, arseniksaurem Natron und chromsaurem Kali waren noch nach 15 Wochen unverändert. Die übrigen Salze beschleunigen meistens den Eintritt der Gährung etwas, sie mögen sauer oder neutral seyn. In dieser Hinsicht zeichnet sich besonders das salpetersaure Kali und Ammoniak aus, allein wenn die Gährung einmal eingetreten ist, dann verläuft sie weit energischer, wenn gar keines dieser Salze zugegen ist.

Das Kochsalz, welches sich vorzüglich leicht mit dem Zucker verbindet, tritt auch schon in einiger Menge der Gährung sehr hemmend entgegen. 5 Gran Kochsalz in eine Auflösung von 144 gemeinem Zucker in 1440 Wasser gebracht, verhinderten diese Auflösung 5 Wochen lang an der Gährung, ebenso Chlorcalcium. Dieselbe Quantität Krümelzucker hingegen wurde von 15 Gran Kochsalz nur 18 Tage an der Gährung gehindert, wo dieselbe schwach und am folgenden Tage sehr stürmisch eintrat; 45 Gran hielten die Gährung 3 Wochen lang auf. Alaun verhindert in derselben Quantität wie das Kochsalz die Gährung des gemeinen Zuckers. Beim Alaun scheint übrigens diese Wirkung mehr auf dem Vorherrschen der Säure, als auf einer Eigenthümlichkeit der Basis selbst zu beruhen, denn die freie Thonerde kann, wie oben angegeben, sogar die Gährung selbstständig als poröser Körper einleiten, wogegen eine Quantität von 1440 der angegebenen Zuckerauflösung nicht in Gährung kommt, wenn sie 5 Gran wasserfreie Schwefelsäure oder Salpetersäure enthält.

Organische Säuren, z. B. Weinsäure, verzögern gleichfalls schon in kleiner Menge (5 Gran) die Gährung um mehrere (9 statt 5) Tage; gröſsere Mengen derselben (45

Gran) verhindern sie ganz. Schwächer (und 2 Tage) wirkt die Essigsäure. Die Salze der Gerbsäuren, namentlich der Gallussäure, sind gleichfalls der Entwicklung der Weingährung, wenigstens in gröfseren Mengen, nachtheilig. Die erwähnte Zuckerauflösung mit 45 Gran zweifach gerbsaurem Natron versetzt, kam am neunten Tage, mit ebenso viel gallussaurem Salze erst nach 4 Wochen in Gährung.

Wenn man eine mit frisch ausgeglühter Kohle versetzte Zuckerauflösung mit Kohlensäure übersättigt, so tritt die Gährung etwas früher ein als ohne diesen Zusatz. Es scheint also, dafs ein grofser Ueberschufs von Kohlensäure nur dann die Gährung unterbricht, wenn er einen starken Druck auf die Flüssigkeit ausübt, welcher die Gasentwicklung erschwert und zuletzt ganz verhindert. Daher wirken starke Fermente, wie Käsestoff, Thierfaser etc. kräftiger, wenn sie zuvor schon etwas in Fäulnifs übergegangen sind, weil sie dann Kohlensäure entwickeln.

Die kohlensauren Salze, neutrale und saure, z. B. ein- und zweifach kohlensaures Natron, ebenso die Kreide, befördern trotz ihrer Neigung sich mit dem Zucker zu verbinden, die Gährung. Sie prädisponiren aber, namentlich die Salze der stärkeren Basen, zur Milch- und Buttersäurebildung und verwandeln in gröfserer Menge fast die ganze Masse des gemeinen Zuckers in diese Säuren und in Schleim. Wenn die Gährung im Gange ist, kann man 50 Gran calcinirter Soda auf 3 Unzen Zuckerauflösung zusetzen, ohne dafs die Gährung mehr als vorübergehend unterbrochen wird; wenn sie aber noch gar nicht eingetreten war, dann kann sie schon durch 5 Gran verhindert werden.

Das Stärkmehl zersetzt sich weit leichter als Zucker, jedoch nicht in Alkohol, sondern in Milch- und Buttersäure. Der Kleister wird schon für sich bald sauer, wenn man ihn aber mit Kohle versetzt, so erfolgt die Milchsäurebildung bei gewöhnlicher Temperatur schon am zweiten Tage unter lebhafter Gasentwicklung, noch rascher und kräftiger aber mit Hefe; später bilden sich reichliche Mengen von Buttersäure. Trotz dieser leichten Zersetzbarkeit

wird die Gährung des Stärkmehls durch Salze bei Weitem leichter gehemmt als die des Zuckers. 45 Gran zweifach weinsaures Ammoniak, welche 3 Unzen Zuckerlösung am fünften Tage in lebhafte Gährung versetzten, liefsen die Gährung beim Stärkmehl erst nach 4 Wochen eintreten.

Nach all diesen Beobachtungen stellt sich mit vieler Wahrscheinlichkeit heraus, dafs die Wirkung der Hefe nicht aus einer specifischen Kraft Weingeist zu bilden erklärt werden könne, weil alle porösen Körper diese Eigenschaft mit ihr theilen, und andere Körper als Zucker durch Hefe keinen Weingeist, sondern andere Zersetzungsproducte bilden, wie die Umwandlung des Stärkekleisters in Buttersäure durch Hefe beweist.

Was die Salze angeht, so sind diese hienach beim Gährungsprocesse an und für sich zwar überflüssig und sehr häufig selbst nachtheilig, allein die sauren Salze zeigen eine ganz besondere Wirkung bei diesen Zersetzungen, welche von Wichtigkeit ist für den regelmäfsigen Verlauf der Weingährung.

Die sauren Salze, besonders die der Pflanzensäuren, begünstigen zwar in allen geistigen und zuckerhaltigen Flüssigkeiten, welchen sie beigemengt sind, die Essigbildung und mit ihr die Entstehung von Kahm und Schimmel, aber sie wirken einem andern, weit unangenehmeren Uebelstande, nämlich der Schleim- und Milchsäurebildung entgegen. Sie disponiren vermöge ihrer elektronegativen Natur mehr zur Bildung eines basischen Products, nämlich des Alkohols, als eines sauren, wie die Milchsäure. Erst, wenn sich Alkohol wirklich gebildet hat, treten sie wieder mit diesem in kräftige Spannung und die Verwandtschaft des letzteren, als eines elektropositiven Körpers zum Sauerstoff, wird hiedurch so gesteigert, dafs er sich damit zu Essigsäure verbindet.

Daher kommt es, dafs die Auflösung des gemeinen Zuckers, welcher ohnediefs sehr zur Schleim- und Milchsäurebildung geeignet ist, so leicht die Consistenz eines dicken Stärkekleisters und einen unangenehmen Geruch nach

saurer Milch annimmt, wenn man sie mit Kohle entweder für sich, oder mit neutralen, oder basisch reagirenden Salzen, wie die kohlensauren Alkalien und Erden, der Gährung überläfst.

Es ergiebt sich daraus die Bedeutung der sauren Salze in den Pflanzensäften bei der Weingährung. Der Weinstein verhütet, wenn er in erforderlicher Menge im Weine gelöst ist, das Zäh- oder Langwerden desselben, während er im Uebermaafs zur Essigbildung disponirt.

Nun läfst sich nach den jetzigen Erfahrungen die Wirkung der Hefe durch einen Austausch ihrer Bestandtheile mit denen des Zuckers nicht erklären, denn die Zersetzungsproducte des Zuckers, nämlich Alkohol und Kohlensäure, nehmen eben so wenig etwas von der Hefe auf, als die Hefe etwas aus dem Zucker. Mit einem Worte: Die Wirkung der Hefe ist durch ein Gesetz der chemischen Anziehung nicht zu erklären und mufs demnach auf einem physikalischen Gesetze beruhen.

Da poröse Körper gleichfalls die Gährung einzuleiten vermögen, die nur durch ihre Flächenanziehung oder Absorption wirksam sind, so kann man die gährungerregende Eigenschaft der Hefe vorläufig auch nur in ihrer Absorptionskraft suchen. Es fragt sich nun, gegen welches Zersetzungsproduct des Zuckers die Hefe eine Anziehung ausübe, gegen den Alkohol, oder gegen die Kohlensäure?

Von der Kohle wissen wir, dafs sie keine sonderliche Anziehung zum Alkohol besitzt, man kann denselben durch Kohle von riechenden Beimengungen, wie Fuselöl u. dgl. befreien; nur letzteres und nicht der Alkohol wird von der Kohle absorbirt, obgleich er in weit überwiegender Menge vorhanden ist. Dagegen zieht die Kohle die Kohlensäure mit grofser Begierde an, wenn sie auch nur in kleiner Menge, wie in der atmosphärischen Luft vorkommt.

Man mufs danach annehmen, die Gährung werde dadurch eingeleitet, dafs das Ferment Kohlensäure aus den Bestandtheilen des Zuckers zu bilden strebe. Allein zur Einleitung der Gährung sowohl durch Hefe, als durch po-

röse Körper mufs, wenigstens anfangs, die atmosphärische Luft einige Zeit einwirken, das Ferment scheint also nicht dadurch zu wirken, dafs es aus dem Zucker Kohlensäure zu bilden strebt, sondern diefs mufs durch Absorption eines Gemengtheiles der Luft geschehen.

Da der Stickstoff als indifferenter Körper nicht in Betracht kommt, so kann hier nur vom Sauerstoff, oder von der Kohlensäure die Rede seyn. Nach Brendecke kann Sauerstoffgas bei porösen Körpern als Fermenten die Stelle der atmosphärischen Luft vertreten. Nach Döbereiner gerathen frische, unverletzte Früchte in absolut reiner Kohlensäure in Gährung, und nach meiner Beobachtung leitet Kohle sowohl in Gegenwart von Sauerstoff als von Kohlensäure die Gährung ein, bei der letzteren schneller, schon am fünften Tage, bei Sauerstoff erst am siebenten, wahrscheinlich, weil die Kohlensäure in gröfserer Menge von der Kohle absorbirt wird, als Sauerstoff.

Sowohl Sauerstoff als Kohlensäure sind elektronegative Substanzen; sie bilden einen Gegensatz zum elektropositiven Alkohol und prädisponiren daher seine Entstehung, aber nur dann, wenn sie durch die kräftige Flächenanziehung der Hefe oder eines porösen Körpers in den Zustand starker Verdichtung übergeführt werden, und die elektrische Spannung kann durch Mithülfe mancher Salze erhöht werden, wenn diese nicht zugleich auch den Zucker oder das Ferment chemisch afficiren.

Das Ferment braucht nur eine Zeit lang mit der Luft in Berührung zu kommen, nämlich so lange, bis es sich damit gesättigt hat. Die Gährung schreitet dann auch bei Luftabschlufs ungestört fort, weil das absorbirte Gas nicht selbst in die Zersetzungsproducte eingeht und daher nicht abnimmt.

Die Umwandlung der stickstoffhaltigen Körper in Hefe bei der Gährung ist demnach ein selbstständig verlaufender Procefs, der mit der Gährung in keinem anderen Zusammenhange steht, als die Sublimation des Schwefels, die Verkohlung des Holzes, oder die Darstellung des Blattsilbers,

Diese Stickstoffverbindungen liefern durch chemische Zersetzung ein Product, welches eine gährungerregende Eigenschaft besitzt, aber man erhält ein ähnliches Product durch eine andere chemische oder mechanische Operation, wenn auch nicht von gleicher chemischer Zusammensetzung mit der Hefe, doch von derselben Eigenschaft in Bezug auf die Erregung der Gährung. Die Hefenbildung hat also mit der Aufstellung einer Gährungstheorie in dem angeregten Sinne nicht mehr zu schaffen, als die Bildung des Zuckers, aus welchem der Weingeist entsteht. Der Zucker ist entweder ein Erzeugnifs der Vegetation oder der Umwandlung des Stärkmehls durch Schwefelsäure oder Diastase; oder er bildet sich erst zum Theil noch während der Gährung unter dem Einflusse der in dem Malze enthaltenen Diastase oder des Klebers. Ebenso ist es mit der Hefe.

Bei der Gährung des Mostes entsteht die Hefe während der Gährung selbst. Bei der Biergährung mufs schon fertige Hefe zugesetzt werden, aber es entsteht gleichfalls Hefe während der Gährung. Wenn man endlich eine reine Zuckerauflösung durch fertige Hefe in Gährung versetzt, so wird bei dieser Gährung gar keine Hefe gebildet.

Insofern also eine Weingährung ohne Hefenbildung und selbst ohne Hefe denkbar ist, mufs man die Hefenbildung für einen zwar die Gährung gewöhnlich begleitenden, sonst aber für diese ebenso bedeutungslosen und rein zufälligen Vegetationsprocefs ansehen, wie die Entstehung des Schimmels und der Schwämme bei den Fäulnifs- und Verwesungsprocessen. Die Chemie hat Fäulnifstheorieen aufgestellt, ohne sich zugleich mit der Entstehungstheorie dieser Pflanzengebilde beschäftigen zu müssen, mögen diese auch bei ihrer Fäulnifs selbst Fermente abgeben, oder nicht. Es ist diefs eine Aufgabe der Pflanzenphysiologie, und, wenn sie von dieser noch nicht gelöst worden ist, so bildet diefs vorläufig kein Hindernifs für die Aufstellung einer Theorie der Fäulnifs. Diese Gebilde entstehen (oder entwickeln sich aus Samen) gerade hier und nicht anderwärts, weil sich nur hier das zu ihrer Entwicklung nöthige Material vorfindet.

Sie können sich nicht unmittelbar aus ihren Elementen zusammensetzen, sondern es müssen schon gewisse nähere Bestandtheile (zusammengesetzte Körper) vorhanden seyn, welche unter sich oder mit anderen Körpern zusammentreten, wenn jene Pflanzen entstehen sollen.

Die Stoffe, auf denen eine Vegetation entsteht, oder ein Boden von gewisser Zusammensetzung, ist der Pflanze gewöhnlich deshalb ein Bedürfnifs, weil er derselben die nöthige Nahrung liefert. Doch gilt diefs nicht von allen Bodenbestandtheilen. Manche Pflanzen wachsen z. B. nicht auf Thonboden, sondern nur auf Sand, obgleich sich die Aufnahme der Kieselsäure, wegen des unauflöslichen Zustandes, wie sie im Sande vorkommt, weit leichter aus dem Thon als aus dem Sande denken läfst. Der Sand ist diesen Pflanzen ein Bedürfnifs, nicht immer als Nahrung, sondern er erfüllt andere Bedingungen, welche für die Pflanzen unerläfslich sind, er lockert den Boden und erleichtert dadurch den Zutritt von Luft und Wasser, begünstigt die Wurzelverbreitung u. s. w. Etwas der Art mag auch bei der Hefenbildung der Fall seyn.

Die Wirkung vieler chemischer Agentien ist sehr verschieden, je nachdem dieselben auf einmal, in gröfserer Menge oder in concentrirtem Zustande auf andere Körper einwirken, als wenn sie allmählig, nur in kleinen Mengen oder nur in verdünntem Zustande damit zusammentreffen. Man braucht sich nur an die Schwefelsäure zu erinnern. Wenn dieselbe mit Holzfaser, Stärkmehl, Dextringummi und dgl. in concentrirtem Zustande in Berührung kommt, so verwandelt sie dieselben gröfstentheils in die einfachsten Verbindungen, welche ihre Elemente einzugehen vermögen, in Wasser und Kohlensäure und in freien Kohlenstoff. Ist die Säure verdünnt, so verwandelt sie das Stärkmehl in der Wärme anfangs in Dextringummi, einen von der Stärke zwar in manchen Eigenschaften, nicht aber in der Zusammensetzung verschiedenen Körper. Auch bei längerer Einwirkung zersetzt diese Säure die Verbindung nicht, sondern veranlafst sie blofs zur Aufnahme von zwei Atomen Was-

ser, wodurch sie zu Krümelzucker wird. Bei gewöhnlicher Temperatur hat eine sechsfach mit Wasser verdünnte Schwefelsäure gar keine Einwirkung auf das Stärkmehl, etwas stärkere Säure löst es auf, aber ganz unverändert.

Wenn die stickstoffhaltige Substanz unmittelbar mit der Luft in Berührung ist oder in gewöhnliches Wasser gelegt wird, welches stets Luft aufgelöst enthält, so fault oder verwest sie rasch. Je mehr aber die Luft durch Auflösung von Zucker oder Gummi aus dem Wasser verdrängt wird, um so mehr mufs die Zersetzung unterdrückt werden, bis sie bei einer Concentration von 1 Theil Zucker auf 4 Theile Wasser ganz und gar aufhört.

Der Sauerstoff wirkt in der freien Luft, in mehr concentrirtem Zustande, in gröfserer Menge und daher energischer, zerstörender auf die stickstoffhaltige Substanz ein, als wenn er zuvor eine Gummi- oder Zuckerauflösung durchdringen mufs. Diese Flüssigkeiten sind keine unbedeutenden Hindernisse für die Oxydation solcher Stickstoffverbindungen, denn, wenn die Oberfläche der Flüssigkeit nicht *sehr* grofs ist, wie bei der Untergährung des Biers, so ist die Sauerstoffaufnahme aus der Luft so sehr erschwert, dafs sogar den in der Flüssigkeit aufgelösten Körpern, z. B. dem Zucker- und Farbstoffe, Sauerstoff entzogen wird, obgleich er da erst aus einer chemischen Verbindung ausgeschieden werden mufs.

Die Zersetzung des stickstoffhaltigen Körpers mufs also in einer Zuckerauflösung offenbar weit langsamer von Statten gehen, als an der freien Luft. Uebergänge, welche an der Luft verschwindend schnell verlaufen, treten in der Zuckerauflösung nur allmälig ein und lassen hier der Entwicklung von Pflanzen Zeit, deren Nahrung dort eher wieder zersetzt und zerstört wird, als sich dieselben entwickeln können.

Dafs die Weingeistbildung bei Verminderung der Hefe unter ein gewisses Minimum nicht mehr in wahrnehmbarem Zustande stattfinden könne, ist eine von den gewöhnlichen Gesetzen nicht abweichende Erscheinung. Ist mehr Zucker

da, als Material zur Hefenbildung (stickstoffhaltiger Körper), so geht nur so viel Zucker in Weingeist über, als das kurze Leben der Hefenpilze gestattet, die nach dem Tode nicht mehr gährungerregend sind. Ist dagegen mehr stickstoffhaltige Substanz als Zucker da, so wird die Menge der daraus entstehenden Hefe nur so lange zunehmen, bis die Stärke des gebildeten Weingeistes die Vegetation hemmt. Nimmt sie später bei steigender Wärme wieder zu, so sehen wir ja auch bei anderen Vegetationsprocessen, daſs die zunehmende Wärme verbunden mit gehöriger Feuchtigkeit oft die ungünstigsten Bodenverhältnisse überwindet.

Nach Quevenna können sich auch ohne alle Gährung und bei gänzlicher Abwesenheit von Zucker, z. B. in ganz zuckerfreiem Urin, hefenähnliche Pflanzengebilde erzeugen.

(Schluſs im nächsten Heft.)

III. *Ueber die schwarzen und gelben Parallel-Linien am Glimmer; von Wilhelm Haidinger.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus dem Februar-Hefte des Jahrganges 1849 der Sitzungsberichte der K. Acad. d. Wiss.)

Ich beabsichtige heute der hochverehrten mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe eine Mittheilung über eine einfache, aber sehr auffallende Interferenz-Erscheinung vorzulegen, die ich schon vor mehreren Jahren beobachtete, und die ich auch schon zu wiederholten Malen die Befriedigung hatte, mehreren Physikern vorzuzeigen, die sie vorher noch nicht gesehen hatten. Verwandte Erscheinungen sind bereits beschrieben worden, aber diese zeichnet sich so sehr durch die Leichtigkeit der Beobachtung aus, daſs sie recht bekannt gemacht und überall aufgesucht zu werden verdient.

Man betrachte das Spiegelbild der Flamme einer Weingeistlampe, deren Docht mit Salz eingerieben ist, auf einem dünnen aber doch ebenen Glimmerblatt, und zwar so, dafs man dasselbe ganz nahe an das Auge hält. Das homogene Gelb der Spiritusflamme wird durch zahlreiche schwarze Querstreifen von gleicher Breite mit den dazwischen übrigbleibenden gelben Streifen zertheilt erscheinen, die senkrecht auf der Einfallsebene des Lichtes stehen. Je dünner die Blättchen sind, desto breiter werden die Streifen; bei dickeren Blättchen werden sie aufserordentlich fein, aber bleiben dabei höchst regelmäfsig. Es wäre mir nun freilich sehr erwünscht gewesen, genauere Untersuchungen, einige Messungen u. s. w. anzustellen, und damit einer Mittheilung dieser an sich sehr netten Erscheinung ein gröfseres Interesse zu geben; ich theilte sie zu diesem Zwecke jüngeren Physikern mit, habe aber kein Resultat dadurch erzielt. Sie verdient aber gewifs für sich mit einem Worte angezeigt zu werden, bevor sie, ohne weitere Aufmerksamkeit zu erregen, in den optischen Lehrbüchern an dem ihr angemessenen Orte eingereiht wird.

Die Erklärung dieser gelben und schwarzen miteinander abwechselnden Querstreifen ist wohl sehr einfach. Sie stellen sehr hohe Ordnungen der Newton'schen Farbenringe vor. Bekanntlich erscheinen die ersten sieben, im weifsen Lichte so glänzend farbigen Ringe, durch das homogene Gelb der Spirituslampe beleuchtet, abwechselnd gelb und schwarz, und sind noch von einem ferneren zahlreichen Wechsel von gelben und schwarzen Linien in paralleler Folge umgeben. Die parallelen Linien im Glimmer stellen nun die äufseren dieser Ringe vor. Je schiefer der Winkel ist, unter dem man das Glimmerblatt betrachtet, um so gröfser wird die Distanz, welche das Licht innerhalb demselben durchläuft, um von der hintern Fläche zurückgeworfen zu werden. Die Maxima und Minima der Intensität sind dann die gelben und schwarzen Streifen.

Man macht die Beobachtung sehr schön, wobei die gel-

ben und schwarzen Parallel-Linien sehr lang erscheinen, weil das Gesichtsfeld vergröfsert wird, wenn man ein Blatt weifses Papier, das von der Spiritusflamme homogen gelb beleuchtet ist, sich in dem Glimmerblatte spiegeln läfst.

Sehr dünne Blättchen erscheinen ganz schwarz oder ganz glänzend, wenn sie so kleine Dimensionen haben, dafs sie nur die Minima oder Maxima abspiegeln; diefs giebt bei den gewöhnlichen, unregelmäfsig zerrissenen Glimmerblättchen ein eigenthümliches moirirtes Ansehen.

Talbot hat eine der eben erwähnten in vieler Beziehung ähnliche Erscheinung beobachtet. Herschel giebt eine Nachricht darüber in seinem *Treatise on Light* [1]): „Folgende sehr schöne und genügende Art die Fransen darzustellen, welche von einem Glasblättchen von fühlbarer Dicke gebildet werden, ist von Talbot ausgedacht worden. Wird eine Glasblase so dünn geblasen, dafs sie springt, und betrachtet man die dadurch entstehenden Glasblättchen in einem dunkeln Zimmer, bei der Flamme einer mit einem gesalzenen Docht versehenen Weingeistlampe, so erscheinen dieselben mit Streifen bedeckt, die abwechselnd hell und schwarz sind, und in parallelen Lagen nach den verschiedenen Dicken des Blättchens laufen. Wo die Dicke ziemlich gleichförmig ist, sind die Streifen breit; wo sie sich schnell ändert, kommen die Streifen so häufig, dafs sie sich mit unbewaffnetem Auge nicht mehr unterscheiden lassen, und man das Mikroskop zu Hülfe nehmen mufs. Nimmt man an, dafs die Dicke des Blättchens $\frac{1}{1000}$ Zoll beträgt, so entsprechen die entstehenden Streifen ungefähr der 89. Ordnung der Ringe, und sie beweisen den hohen Grad von Homogenität des Lichtes“ u. s. w.

Nach Brewster's [2]) Bericht über dieselbe Beobachtung Talbot's zeigen die einzelnen Glasblättchen auf ihrer Fläche „abwechselnd gelbe und schwarze Fransen, von denen jede in ihren Umrissen Linien bildet, die in den

1) Ueber das Licht; übersetzt von Schmidt. S. 348.

2) Populäres, vollständiges Handbuch der Optik. Uebersetzt von Dr. J. Hartmann. S. 93.

Glasschichten gleiche Dicke haben. Aendert sich die Dicke langsam, so sind die Fransen breit, und leicht zu erkennen; ändert sich die Dicke aber plötzlich, so sind die Fransen dergestalt aufeinander gehäuft, dafs man sie nur mit einem Mikroskope unterscheiden kann. Hätte eine von den Glasschichten nur ein Tausendtel eines Zolles Dicke, so würden die von ihr erzeugten Ringe der 19. Ordnung angehören; und könnte man ein breites Stück Glas erhalten, dessen Dicke in langsamen Abstufungen über ein Milliontel eines Zolles hinabginge, so würden 89 und wahrscheinlich noch mehr Ringe deutlich mit blofsen Augen zu unterscheiden seyn".

In einer Anmerkung ist bei jenen Glassplittern noch angeführt: „Glimmerblättchen sind noch besser". Ich fand diese Stelle auf, als ich die Literatur des Gegenstandes zu vergleichen begann, um die Ansichten der Physiker über dieses höchst merkwürdige Phänomen zu erfahren.

Aber die gelben und schwarzen Linien, welche Talbot an dünngeblasenem Glase beobachtet hat, sind von anderer Art als die Linien am Glimmer, wenn sie auch eine gemeinsame Quelle die Lichtinterferenz haben. Bei dem Glase wird in der That die Interferenz dadurch hervorgebracht, dafs ungleich dicke Glasschichten auf einander folgen. Man verfolgt sie leicht bei dem Ausblasen grofser Glaskugeln von 3 bis 4 Zoll Durchmesser, wie diefs in mehreren Versuchen der Fall war, die Herr General-Probirer A. Löwe, freundlichst auf meine Bitte mit seinem Gebläse-Löthrohr anstellte. Es bildeten sich Mittelpunkte, wo das Glas am dünnsten wurde, von welchem die Ringe ziemlich gleichförmig immer weiter abrückten.

Die feinsten Linien waren in der gröfsten Entfernung von jenen Mittelpunkten, um die herum die breiteren Ringe sichtbar waren, gerade so wie bei der gewöhnlichen Erzeugung der farbigen Ringe durch Linsen, die inneren breiter sind als die äufseren. Aber in der gewöhnlichen deutlichsten Schweite betrachtet, behielten die Ringe ihre Lage bei, man mochte die Kugeln in was immer für einer Lage

durch die Spiritusflamme beleuchten; die gleiche Färbung beweist eine gleich dicke Glasschicht. Allerdings sind auch hier die Linien nicht ganz unbeweglich, sondern entfernen sich bei gröſserer Incidenz immer mehr von der dünnsten Stelle, wie dieſs bekanntlich auch bei den farbigen Ringen geschieht; aber doch bleibt ihre Richtung und ihr Zusammenhang jederzeit nach der dünnsten Stelle der Glaskugel als Mittelpunkt orientirt. Bringt man die Glaskugel mit ihren feineren Streifen ganz nahe an das Auge, so verschwinden sie, weil man dann nur den gleichzeitigen Eindruck vieler derselben auf einmal wahrnimmt. Nur bei den breitesten Streifen bleibt auch dann der deutliche Ausdruck der Abwechslung, und zwar um desto deutlicher, je mehr sich die Richtung der Linien der Querstellung nähert.

Die Linien des Glimmers erscheinen dagegen jederzeit in dieser Querstellung; man mag das Glimmerblatt in seiner eigenen Ebene drehen wie man will, jederzeit stehen die Abwechselungen der gelben und schwarzen Linien, zunächst der Einfallsebene des Lichtes, senkrecht auf derselben, und verbreiten sich von da zu beiden Seiten. Die beiden Flächen des Glimmerblättchens sind einander nämlich vollkommen parallel, und daher die Erscheinung in allen Azimuten gleich. Die Linien erscheinen um desto schärfer und deutlicher, je näher man das Glimmerblatt zum Auge bringt, im Gegensatze zu den Linien im Glase, die dann immer undeutlicher werden und am Ende verschwinden.

In dem schmalen Bilde der Weingeistflamme erscheinen die abwechselnden gelben und schwarzen Streifen als kurze, gerade, parallele Linien. Ueber das Wesen ihrer eigentlichen Gestalt in der Erscheinung bemerkt Herr General-Secretair von Ettingshausen folgendes: „Die Incidenzpunkte auf dem Glimmerblatte, welche einerlei Gangunterschiede der Strahlen entsprechen, liegen bei ungeänderter Stellung des Auges in einer Kreislinie, deren Centrum durch das Loth vom Auge auf das Glimmerblatt angezeigt wird. Die zugehörende Erscheinung, welche das Auge sieht, ist

die Durchschnittslinie der Kugelfläche, deren Scheitel sich im Auge befindet, und welche genannte Kreislinie in sich faſst, mit der Fläche, worauf das Auge die Erscheinung versetzt. Die gesehene Curve ist sonach „bei der Art der angestellten Beobachtung“ eine Hyperbel, deren Krümmung unmerklich bleibt“. Die Beobachtung war so angestellt worden, daſs das Glimmerblatt horizontal gelegt war und der Einfallswinkel, vom Auge aus gerechnet, um ein Namhaftes gröſser war als 45°.

Die concentrischen Interferenzlinien auf der Glimmerfläche sind also wahre Kreise, aber sie werden jedesmal nur in einer einzigen Richtung betrachtet, die selbst senkrecht auf einer von diesen Kreislinien steht, und zugleich in der Oberfläche des erwähnten Kegels liegt. Das Auge, in dieser Richtung festgehalten, sieht also die Projection eigentlich auf der Fläche, welche senkrecht auf der Gesichtsrichtung steht, wenn sie sie auch unbewuſst oft auf eine andere Fläche bezieht. Sowohl die Projection auf der Sehaxe, als auch die auf der quervorliegenden Verticalebene, auf der sich die Weingeistflamme abbildet, ist unzweifelhaft eine Hyperbel, wenn der Einfallswinkel, vom Auge aus gerechnet, gröſser ist als 45°. Je schiefer man nach dem Glimmerblatt hinsieht, desto mehr nähert sich die Hyperbel der geraden Linie. Bei einem Einfallswinkel von 45° ist der Kegel rechtwinklig und die Projectionsebene senkrecht auf die Sehaxe ist der gegenüberliegenden Seite des Kegels parallel, erscheint daher als Parabel. Bei einem kleineren Winkel als 45° nehmen die Linien die Gestalt von Ellipsen an. Man kann sehr leicht die Beobachtung so modificiren, indem man eine hinter den Kopf gestellte von der Lampe beleuchtete Papierfläche sich im Glimmer spiegeln läſst, daſs man deutlich beobachten kann, wie die Linien sich zu beiden Seiten abkrümmen.

Wenn man das Glimmerblatt zusammenbiegt, so daſs die Streifen der entstehenden Cylinderaxe parallel sind, so erscheinen sie in der Entfernung der deutlichsten Sehweite schärfer und feiner, und das zwar immer feiner, je stärker das

das Blatt zusammengebogen wird. Dem Auge genähert, verschwinden sie dann. Die wachsende scheinbare Dicke des Glimmerblattes beruht in diesem Falle auf zwei Ursachen, der Entfernung vom Auge, und der Krümmung, welche gleichzeitig wirkend, den Eindruck der Interferenz verwischen.

An cylindrisch gekrümmten Glimmerblättchen hat Herr Baron Fabian v. Wrede[1]) eine Erscheinung beschrieben, die hier noch angeführt werden mufs, wenn sie auch gleichzeitig noch auf einem anderen Principe beruht, als die eben beschriebene Erscheinung. Wrede zerlegt die durch einen verticalen Glimmercylinder von einer Lichtflamme zurückgeworfenen Lichtlinie durch ein Prisma, und betrachtet das Spectrum durch ein Fernrohr. Durch die Interferenz von der vorderen und hinteren Fläche entstehen durch das ganze prismatische Farbenbild schwarze Linien, in gröfster Anzahl (bei 120) an der dickeren, in geringerer (einige und zwanzig) an der dünneren Seite des Glimmerblättchens. Es verdient hier jedoch hervorgehoben zu werden, dafs die Flächen des Glimmerblättchens nicht etwa, wie es dort (S. 376) bemerkt ist, gegen einander geneigt seyn können. Im Gegentheile mufste das Blättchen nur darum an einer Seite dünner erscheinen, weil etwas mehr von der Substanz desselben durch die stets parallel fortgesetzte Theilbarkeit hinweggenommen worden war. Die Untersuchung der ebenen Blättchen selbst, giebt das beste Mittel an die Hand, um zu prüfen, ob die Dicke durchaus gleich sey. Nur dann ist nämlich die gleiche Erscheinung von Parallel-Linien in allen Azimuten möglich, während sie bei einer wirklichen Neigung der beiden Flächen die in einer Richtung feste Stellung der Linien auf dünnem Glase, wie sie Talbot beschrieb, annehmen mufsten. Wo aber das Glimmerblatt, wie diefs so häufig geschieht, durch Abtrennung von dünnen Blättchen ungleich dick ist, da entdeckt man sehr leicht, eben durch die Spiegelung des homogenen Lichtes

1) Poggendorff's Annalen. Bd. XXXIII. 1834. S. 353. Versuch, die Absorption des Lichtes nach der Undulationstheorie zu erklären.

der Spirituslampe, den genauen Zusammenstofs der dünneren und dickeren Theile, indem die Parallel-Linien, breiter in dem ersteren und schmäler in den letzteren, scharf an einander abgegränzt sind.

Bei **Wrede's** für die Theorie der Absorptions-Erscheinungen so wichtigem Versuch — er verbindet die Erscheinung der Reflexion mit der der Transmission — wird durch die *Cylindergestalt* das Bild zu einer Lichtlinie; die inneren Zurückstrahlungen und dadurch bewirkten Verzögerungen der Lichtwellen sind daher einer einzigen Linie ungemein genähert, so dafs ihre Erscheinung durch das Prisma getrennt, erst durch das Fernrohr deutlich wird. Bei den Linien von der *ebenen Glimmerfläche*, gleichsam einem Cylinder von unendlichem Durchmesser, bleibt die Lichtquelle selbst, so weit sie reicht, ebenfalls über den ganzen Raum ihres wirklichen Durchmessers verbreitet, und man hat auch die Interferenzen von der ganzen Ausdehnung derselben, aber nur im homogenen Lichte und blofs auf die Senkrechte gegen das Glimmerblatt und die Einfallsebenen bezogen, wahrnehmbar.

Practische Forschungen und theoretische Ansichten knüpfen sich zahlreich hier an, die es wünschenswerth wäre, weiter zu verfolgen. Eine hieher gehörige Aufgabe möge kurz erwähnt werden.

Der Gangunterschied beträgt begreiflich für die interferirenden homogenen Lichtstrahlen, bei ihrer Reflexion von der vorderen und der hinteren Fläche in den hellen Streifen, eine ganze Anzahl von Wellenlängen, mehr einer halben Wellenlänge, in den dunkeln Streifen aber eine ganze Anzahl von Wellenlängen. Für den zunächstliegenden gleichnamigen Streifen wächst nur noch eine ganze Wellenlänge zu, oder nimmt eine Wellenlänge ab, jenes für gröfsere, dieses für kleinere Einfallswinkel. Hieraus folgt unmittelbar, bei geringen Aenderungen in der Dicke der Glimmerblättchen die gröfsere Breite der Streifen in dünneren, die Feinheit derselben in dickeren Glimmerblättern. Während man den Winkel zwischen zwei benachbarten Streifen mifst,

hat man eigentlich eine Gröfse bestimmt, die für eine bekannte Dicke des Glimmerblattes eine einfache Function einer einzigen Wellenlänge vorstellt. In dickeren Glimmerblättern folgen die feinen schwarzen Striche so schnell aufeinander, dafs es vielleicht gelingen dürfte, sehr gute Daten für die Messung der Wellenlänge selbst zu erhalten. Die Beleuchtung des Glimmerblattes mit den Farben des Spectrums müfste ebenfalls für die Entfernung der Streifen eine deutliche Verschiedenheit wahrnehmen lassen.

Noch mögen hier einige einzelne Wahrnehmungen aufgezählt werden.

Directes Sonnenlicht, durch eine Oeffnung im Fensterladen mit einem sehr dünnen Glimmerblatte aufgefangen, giebt ein zurückgeworfenes System von farbigen Interferenzstreifen, senkrecht auf den Einfallsebenen. Die mittlere Querlinie ist weifs.

Auf das Genaueste analog den von Talbot beschriebenen schwarzen Parallel-Linien auf dünn ausgeblasenem Glase sind die Linien, welche man, wie bekannt, zwischen zwei aufeinandergelegten Plangläsern in der Beleuchtung durch die homogene Spiritusflamme wahrnimmt, nur dafs dort eine Schicht stärker brechendes Mittel zwischen weniger brechenden sich befindet, wovon hier das Gegentheil eintritt. Auch hier sind die Linien am schärfsten in der gewöhnlich deutlichsten Sehweite, und verschwinden, wenn man sie dem Auge nahe bringt.

Durch seine Zähigkeit und leichte Theilbarkeit ist vorzüglich der Glimmer zur Beobachtung dieser Erscheinung geeignet, aber sie ist natürlich nicht auf ihn beschränkt; man beobachtet sie auch zum Beispiel an dünnen Blättchen von Gyps. Sehr schön beobachtet man sie unter anderem auch an den Blättchen von Kalkspath, welche in der Lage der Rhomboëderfläche $\frac{1}{2}$ R'., durch die Ebene der grofsen Diagonalen der Rhombenflächen des Rhomboëders von 105° 5', parallel den stumpfen Kanten gelegt, erscheinen und durch Zwillingskrystallisation erklärt werden müssen. Wäre es ja noch nothwendig zu beweisen, dafs es wahre

Blättchen und nicht bloſse Trennungen in der Masse sind, so würden die schwarzen Parallel-Linien hiezu vollkommen hinreichen. Sie werden immer deutlicher und schärfer, je näher man das Stück zum Auge bringt, während die von Trennungen herrührenden Linien — die im gewöhnlichen Lichte das Irisiren darstellen — unter gleichen Verhältnissen mit einander verschwimmen.

Die schwarzen Parallel-Linien werden mit der gröſsten Deutlichkeit im zurückgeworfenen Lichte beobachtet. Man hat da den schneidenden Gegensatz zwischen dem zurückgeworfenen hellen Lichte und dem dunkeln Schwarz vom Abgange desselben, wenn man das Glimmerblatt gegen einen dunkeln Grund hält. Unter dem Polarisationswinkel ist natürlich alles Licht der hellen Linie in der Einfallsebene polarisirt, und kann durch ein mit der längeren Diagonale quergestelltes Nicol'sches Prisma ausgelöscht werden. Hält man das Glimmerblatt in schiefer Stellung zwischen das Auge und die homogene Spiritusflamme, so sieht man auch direct die Parallel-Linien, aber sie bilden dann einen viel weniger auffallenden Gegensatz mit den helleren Theilen, weil überhaupt das Ganze heller erscheint.

IV. *Ueber den Pleochroismus des Chrysoberylls; von W. Haidinger.*

(Vom Hrn. Verf. übersandt aus den Berichten über die Mittheilungen von Freunden der Naturwissenschaften in Wien.)

Die brasilianischen und ostindischen Varietäten der Species, als Krystalle oder Geschiebe in dem Sande der Flüsse gefunden, von spargelgrüner Farbe, auch die von *Haddam* in Nordamerika, und die von *Marschendorf* in Mähren, beide mit Granat, und von ganz ähnlichen blaſsgrünen Far-

ben, konnten wenig zur Untersuchung in Bezug auf pleochromatische Erscheinungen einladen.

Zur Vervollständigung des Verzeichnisses diente mir jedoch schon vor längerer Zeit ein kleiner Krystall von Hrn. Dr. Baader für das K. K. Mont. Museum erkauft, aus Brasilien. Fig. 18, Taf. 1. Die Flächen *i* bilden eine horizontale Kante von 119° 46′ und liegen als horizontales Prisma oder Doma $\breve{D}$ an der scharfen Axenkante des Grundorthotyps von 86° 16′. Die Querfläche *T* ist $= \infty \breve{D}$, die Längsfläche $M = \infty \bar{D}$.

Die Farbe im Ganzen war spargelgrün. Durch die dichroskopische Lupe zerlegen sich die Farben der Seitenfläche *T* und *M* in die drei Töne:

1. Spargelgrün, blasser als 2;
2. Spargelgrün, wie das Ganze;
3. Spargelgrün, in das Oelgrüne.

Der Contrast auf der Fläche 0, welche senkrecht auf *T* und *M* steht, giebt die Farbe 3 deutlich mehr Gelb als 2.

Der bläſseste Ton ist 1,
Der mittlere - - 2,
Der dunkelste - - 3.

Obwohl deutlich unterscheidbar, sind diese Töne doch keineswegs besonders in die Augen fallend, am wenigsten aber mit den schönen Lichteffecten zu vergleichen, welche man an der erst neuerlich am Ural in der Smaragdgrube im Walddistricte 180 Werst von Jekatherinburg entdeckten wiederfindet, die unter dem Namen *Alexandrit* von Hrn. v. Wörth in dem 1. Bande der Schriften der Russisch-Kaiserlichen Gesellschaft für die gesammte Mineralogie zu St. Petersburg p. CXVI. beschrieben worden ist.

Nach Hrn. v. Wörth ist der Alexandrit bei auffallendem Lichte lauchgrün oder dunkel smaragdgrün, bei durchfallendem Lichte himbeerroth oder colombinroth. Die letztere Farbe allein waltet bei einer Beleuchtung durch Kerzenlicht vor, so daſs man an der Identität eines und desselben in zwei verschiedenen Beleuchtungen beobachteten Stückes

zweifeln könnte. Der Alexandrit ist dort nach beiden Arten in colorirten Tafeln abgebildet. In jener Mittheilung sind auch von dem Russisch-Kaiserlichen Akademiker, Hrn. E. v. Lenz Untersuchungen über den Dichroismus gegeben, die sich auf die in der Krystallisation nahe regelmäfsig-sechsseitige Fläche beziehen, vorzüglich in den sechsstrahligen Zwillingskrystallen, und welche sehr gut den Contrast ausdrücken, der zwischen den bei durchfallendem Lichte gesonderten Farbentönen von Roth und Grün entsteht. Auch die Lage der Polarisationsebene in den farbigen Lichtbündeln ist trefflich darin orientirt, indem bei der in Mohs' Grundrifs gewählten Stellung, wo die Endkante des Prismas von 119° 46′ horizontal und zu oberst liegt, der in der Richtung des Hauptschnittes polarisirte Strahl (1 Fig. 18) roth ist, der senkrecht darauf polarisirte (2 Fig. 18), eine grüne Farbe besitzt. Es ist übrigens in jener Abhandlung immer nur von einem *Dichroismus* die Rede.

Ich hatte längst gewünscht, ein Fragment eines gut krystallisirten Alexandrits durch die dichroskopische Lupe zu untersuchen, aber die Stücke in dem hiesigen K. K. Hof-Mineraliencabinet sowohl als die in den Sammlungen Berlins zeigten blofs die grofsen in Glimmerschiefer eingewachsenen Krystalle, von denen man nichts herabbrechen konnte.

Endlich erfreute mich kürzlich eine freundliche Mittheilung des Mitgliedes der Kaiserlich Russischen Gesellschaft für Mineralogie, Hrn. Carl Cramer in St. Petersburg, der einen von mir bei einem Besuche, dessen ich mich von ihm in Wien erfreute, geäufserten Wunsch getreulich bewahrt, und nun auf eine Weise erfüllt hat, die meine Erwartungen in Bezug auf die Austheilung der Farbentöne vollkommen bestätigte.

Ich konnte nun mehrere kleine Krystalle und vollkommen durchsichtige Krystallfragmente durch die dichroskopische Lupe untersuchen. Von den letzteren liefs ich eines in die Gestalt einer Kugel schleifen. Ein Zwilling hatte

in der Projection auf einer Ebene parallel der Fläche *M* die Form Fig. 19, Taf. 1.

Nun zeigten sich sehr deutlich die drei senkrecht auf einander stehenden Farbentöne eines höchst ausgezeichneten *Trichroismus*. Auf die Weise wie in der sechsseitigen Krystalltafel Fig. 1 orientirt, war bei Tageslicht, das helle Graulichweifs der Wolken, durch den Krystall besehen und durch die dichroskopische Loupe zerlegt:

1. Oelgrün in das Honiggelbe, hellster Ton
2. Spangrün dunkelster -
3. Seladongrün mittlerer -

Gegen das vollkommen weifse Licht einer Kerzenflamme gehalten erschien:

1. Orangegelb hellster Ton,
2. Rein Smaragdgrün dunkelster -
3. Colombinroth mittlerer -

Nach den Benennungen in einer frühern Zusammenstellung von Beobachtungen über den Pleochroismus der Krystalle (Abh. der K. Böhm. Ges. der Wiss. V. Folge Bd. 3.[1]) gehören die Farbentöne:

1. Der grofsen Diagonale der Basis, parallel der Fläche *M*.
2. Der verticalen Hauptaxe.
3. Der kleinen Diagonale der Basis, parallel der Fläche *T*.

Die Farbentöne 1 und 2 sind es, welche Hr. v. Lenz beobachtet hat, und die er in derselben Folge roth und grün nennt, während der erstere hier ölgrün in das Honiggelbe genannt ist. Aber ein solcher Unterschied ist wohl theils in einem gröfsern Umfang der Farbe in verschiedenen Stücken, theils darin begründet, dafs die von mir untersuchten Krystalle dünner waren, als die zwei Linien dicke sechsseitige parallel der *M* Fläche geschliffene Tafel, welche Hrn. v. Lenz zu Gebote stand.

Die dritte Farbe, welche der auf *M* senkrecht stehenden kleinen Diagonale der Basis angehört, kann man durch die

1) Annal. Bd. 65, S. 1.

zwei Flächen *T*, oder in der Richtung der Axe, oder in dazwischen liegenden Richtungen beobachten. Sie ist besonders dadurch merkwürdig, dafs sie selbst eine sogenannte *dichromatische* ist, in der es zwei Farbenmaxima giebt, denn in dünneren Stellen oder Krystallen ist sie seladongrün — grün mit einer Beimischung von Violett, — in dickeren Stellen oder Krystallen bleibt das röthliche Violett oder Colombinroth allein übrig. Diefs ist die *charakteristische Farbe* gewisser *Chromlösungen*, des Chromchlorürs, des Chromalauns, des Gregory'schen oxalsauren Chromoxydkalis. Auch in den Krystallen des letztern, die einen höchst glänzenden Trichroismus zeigen, der der Gegenstand einer andern Mittheilung seyn soll, kommt dieses dichromatische Seladongrün mit Blau und mit einem etwas gelblichen Grün zusammen vor.

Bei Kerzenlicht erscheint die Farbe 1 mehr röthlich, die Farbe 3 blafsroth, aber man ist überrascht zu finden, dafs die Farbe 2 unverändert das schönste Grün auch im Kerzenlichte beibehalten hat, aber es wird von den helleren, lichtkräftigeren rothen Tönen gänzlich überwältigt.

Ungemein schön ist der Contrast der Farben in Zwillingskrystallen, wie diefs bereits Hr. v. Lenz anmerkt. Ein kleiner Zwilling, in dem Gesichtsfelde der dichroskopischen Lupe, giebt in den beiden Bildern Fig. 20, Taf. 1, in dem obern ordinären den Theil *a* gelb und den *b* grün, in dem unteren extraordinären den Theil a^1 grün, den Theil b^1 gelb.

Zur Ergänzung der Orientirung möge hier beigefügt werden, dafs nach Sorets Zusammenstellung (*Recherches sur la position des axes de double réfraction dans les substances cristallines. Genève* 1821) die optischen Axen einen Winkel von 27° 51′ einschliefsen, dafs die optische Mittellinie die Kanten des Prismas von 119° 46′ mit einander verbindet, oder in der kurzen Diagonale dieses Prismas liegt, das heifst der Axe der Fig. 18 parallel ist. Die Ebene der optischen Axen ist parallel der Fläche *T*.

Nennt man die Linie, welche die optischen Axen halbirt die *Mittellinie,* diejenige welche in der Ebene der beiden optischen Axen senkrecht auf der vorigen steht, die *Normale,* die dritte Elasticitätsaxe endlich, welche auf den beiden vorhergehenden oder auf der Axenebene selbst senkrecht steht die *optische Queraxe*, so besitzt die

Mittellinie den dunkelsten Farbenton.

Normale - mittleren -

Queraxe - hellsten -

Der Charakter der optischen Axe, das heifst hier der Mittellinie, ist nach Biot und Brewster attractiv oder positiv. Die dunkelste Farbe, welche sie besitzt, stimmt gut mit Babinet's Bemerkung, dafs in der Mehrheit der Fälle bei positiven Krystallen der extraordinäre Strahl mehr absorbirt ist als der ordinäre.

Unter der neueren Literatur über den Chrysoberyll hatte ich auch Hrn. Descloizeaux *Nouvel examen des formes cristallines de la cymophane* (*Annales de Chimie etc.* 1845. *III. S. XIII. p.* 329) zu vergleichen. Diefs war mir um so interessanter, als ich an einem vortrefflichen kleinen Krystall, noch in Freiberg vor der Herausgabe des ersten Theiles von Mohs's Grundrifs 1822, die Winkel gemessen hatte, und nun begierig war, den Grad der Uebereinstimmung mit den neuen Daten zu sehen. Ich glaube, Herr Descloizeaux, der sich in neuerer Zeit mit so bedeutendem Erfolge den wichtigsten mineralogischen Studien geweiht hat, wird es mir indessen nicht übel deuten, wenn ich ein Wort für meine eigenen früheren Bestimmungen bei dieser Gelegenheit vorlege. Er giebt an, „man habe bisher nur die Paar Winkel (*les quelques nombres*) von Phillips und Mohs gehabt". Allerdings sind in beiden nur wenige in der Wirklichkeit angegeben, aber mit dem Unterschiede, dafs, wie bekannt, die ersteren nicht miteinander und der Möglichkeit ihres gleichzeitigen Vorkommens verglichen sind, während die letzteren durch den Beisatz vollständig ausgearbeiteter Verhältnisse, und die genaue An-

gabe der drei senkrecht aufeinander stehenden Dimensionen nebst den erforderlichen höchst practischen Formeln alles enthalten, um sämmtliche Winkel berechnen zu können.

Phillips hat die Neigungen

1. von $\breve{D}$ (m) gegen O ($b\frac{1}{2}$) = 133° 19',

2. von ∞ $\bar{D}$ (p) gegen O ($b\frac{1}{2}$) = 137° 6'.

Aus den Winkeln des Grundorthotyps in Mohs und zwar der scharfen Axenkante 86° 16' folgen dieselben Winkel:

1. $\breve{D}$ gegen O = 133° 8'.

2. ∞ $\bar{D}$ gegen O = 137° 52'.

Weil der Winkel von $\breve{D}$ gegen ∞ $\bar{D}$ = 90° ist, so mufs die Summe der beiden = 270° ausmachen, wie es bei den letztern wirklich der Fall ist. Aber Phillips zwei Winkel geben 270° 25'.

Unglücklicherweise stimmt nun Descloizeaux's einziger der Rechnung zum Grunde gelegter Winkel mit dem zweiten von Phillips überein; er ist 137° 5'. Anstatt eines anderen durch Messung erhaltenen Gegebenen wird das angenommene Verhältnifs der Diagonalen des rhombischen Prismas = 62:25 substituirt. Beide Winkel von Phillips sind aber zu grofs. Wird ihre Summe auf 270° gebracht, so reducirt sich der eine auf 133° 6½', der andere auf 136° 53½', welche von den meinigen nur um 1½' abweichen.

Die Daten, welche meiner Berechnung zum Grunde gelegt wurden, sind 80 Messungen an der Axenkante von O und zwar in der Fig. 21 Taf. 1 die Neigungen *ab, ac, bd* und *cd*, je zehn in gleicher Stellung und zehn in umgekehrter Stellung an der Axe des Goniometers. Die gröfste Abweichung bei einzelnen Messungen betrug in sämmtlichen Winkeln und Stellungen 7', der Durchschnitt für die Axenkante war 86° 15' 46".

Auf gleiche Weise wurden an demselben Krystall durch Messung des verticalen Prismas ∞ $\breve{O}$ 3 (c. $e\frac{1}{3}$) mit dersel-

ben Lage und Anzahl der Winkel zwischen den äufsersten Gränzverschiedenheiten von 14′ die Seitenkanten des Prismas = 109° 19′ 26″ und 70° 40′ 34″ im Durchschnitte gefunden.

Mit 86° 16′ und 70° 41′ sind sodann möglichst nahe die Abmessungen der Grundgestalt, Axe, grofse und kleine Diagonale der Basis, $a : b : c = 1 : \sqrt{2,9731} : \sqrt{0,6567}$ berechnet.

Die Messungen, welche Hr. Descloizeaux in einer Tafel verzeichnet, tragen den Stempel von annähernden Messungen; sie sind in runden Summen von 10, 20, 30 Minuten abgegränzt, stimmen auch mit den berechneten Resultaten keineswegs vollständig; die Differenzen übersteigen in einzelnen Fällen noch die Gröfse von einem halben Grad. Man wird mir daher wohl gerne erlauben, nicht nur meine früheren Messungen und Berechnungen noch ferner selbst beizubehalten, sondern sie auch überhaupt den Mineralogen als zuverlässiger im Vergleich mit jenen neuern zu empfehlen.

Es mufs zugegeben werden, dafs die Winkel in Mohs Grundrifs vielleicht zu kurz, auszugsweise gegeben wurden, ohne die in der That der mineralogischen Welt gebührende Nachweisung des Werthes der Daten beizufügen. Aber Mohs nahm gern die einzelnen genauern Bestimmungen nur zu dem Zwecke auf, um die Kenntnifs selbst zu fördern, unbesehen der Person oder der historischen Nebenumstände, die doch so oft wichtige Anhaltspunkte zur Beurtheilung liefern. Sehr viele einzelne Arbeit ist in jenem „Grundrisse" enthalten, die eigentlich damals in abgesonderten Mittheilungen ausführlicher hätte bekannt gemacht werden können. Wenn ich aber jetzt nach so vielen Jahren auf Einzelnes zurückkomme, so möge diefs in dem alten Spruche *Cicero pro domo* seine Erklärung finden, den ich hier als Entschuldigung benutze.

Gerne verweile ich auch auf der damaligen Durchführung einer genauen und richtigen Zeichnungsmethode, einer Abtheilung der krystallographischen Arbeiten, in der wir

Deutsche doch Treffliches geleistet haben; ich nenne hier C. Rose, Naumann, Zippe u. s. w., während die neuere französische Schule uns, wenn auch die Figuren sehr nett ausgeführt sind, gröfstentheils in ihrer Projectionsmethode nur Unrichtiges bietet; nicht gerade ein Fortschritt seit ein halbes Jahrhundert alter regelrechter Zeichnungen des grofsen Forschers Haüy.

V. *Beiträge zur Kenntnifs von Mineralien des Harzes; von C. Zincken und C. Rammelsberg.*

I. Apophyllit.

Unter den bekannten Fossilien der Umgegend von Harzburg verdient neben dem *Prehnit*, dessen Beschreibung und Analyse wir schon früher gegeben haben [1]), der *Apophyllit* besondere Aufmerksamkeit. In den Gängen des grofsen Steinbruches im Gabbro über Harzburg im Radauthal kommt er in einer Feldspathgrundmasse, welche Labrador zu seyn scheint, als letzte Ausfüllung auf Prehnit oder Quarz mit folgenden Eigenschaften vor:

Härte: 4,5. Farbe: schneeweifs; Perlmutterglanz; undurchsichtig bis durchscheinend. Spaltbarkeit: vollkommen in einer Richtung. Krystallinischkörnige Massen in einander gewachsen, keine ausgebildete Krystalle.

In dünnen Splittern schon in der Lichtflamme an den Kanten schmelzend, vor dem Löthrohr für sich leicht zu einem runzlichen Email, in Phosphorsalz ein Kieselskelett hinterlassend. Ein so starkes Aufblättern, wie es die mei-

1) S. Bericht des naturw. Vereins des Harzes für 1844 — 45, S. 42, und 1845 — 46, S. 31. Der Prehnit findet sich am Harz, wie vielleicht nicht allgemein bekannt ist, zu Andreasberg, Treseburg, im Wormke, am Bremerteich unter dem Ramberge und im Radauthal.

sten Abänderungen zeigen, läfst sich bei dieser nicht bemerken [1]).

Das specifische Gewicht ist = 1,961 (R.) Die chemische Analyse dieses Apophyllits lieferte folgendes Resultat, welches mit dem ganz übereinstimmt, welches der Eine von uns von dem schönen krystallisirten A. von Andreasberg schon früher erhalten hat [2]):

Kieselsäure	52,44
Kalkerde	24,61
Kali	4,75
Kalkfluosilicat	1,43
Wasser	16,73
	99,96.

II. Epichlorit.

Im Riefensbeek, welches bei dem Försterhause nahe über Neustadt ins Radauthal mündet, findet man in einem im Hornfels angelegten Steinbruche, neben Gängen von dichtem rothen Granat, von Kalkspath, von Feldspath mit Epidot etc., auch noch ein sehr zerklüftetes, wahrscheinlich auch gangartig vorkommendes dunkellauchgrünes serpentinartiges Gestein, mit Kupferkies, Kupfergrün und Kupferbraun, welches ganz mit Trümmern eines strahligen Fossils nach allen Richtungen durchsetzt ist, das, obgleich auf den ersten Blick an Asbest erinnernd, doch bei näherer Betrachtung sich als davon ganz verschieden erweist. Dieses Fossil zeigt folgende Eigenschaften:

Structur: Stänglige Absonderung, gerad- und krummstrahliges Gefüge. Sehr fettig anzufühlen. Theilt sich leicht (prismatisch) in stänglige Stücke bis zur Stärke ganz feiner Nadeln. Farbe: dunkellauchgrün. Ausgezeichneter Fettglanz; in dünnen Stängelchen bouteillengrün durchscheinend. Strich weifs ins Grünliche. Härte 2 bis 2,5 (zwischen Gypsspath und Steinsalz). Spec. Gew. = 2,76. (R.)

1) Vgl. Zincken a. a. O. S. 42.

2) Ueber die Zusammensetzung, insbesondere den Fluorgehalt des A. und seine Formel, im II. Suppl. zu Rammelsberg's Handwörterb. des chem. Th. der Min. S. 16.

Vor dem Löthrohr schmilzt es für sich sehr schwer und nur in dünnen Stängeln; zeigt mit den Flüssen Kiesel- und Eisenreaction. Im Kolben giebt es Wasser.

Von Chlorwasserstoffsäure wird es nur sehr unvollkommen zersetzt.

Die Analyse erfolgte durch Glühen des Mineralpulvers mit kohlensaurem Natron auf gewöhnliche Art. Da aber beide Oxyde des Eisens vorhanden sind, so mufste ein besonderer Versuch deren relative Menge bestimmen. Zu dem Ende wurde das Pulver mit Boraxglas in doppelt verschlossenen Platintiegeln über der Lampe zusammengeschmolzen, und das klare bouteillengrüne Glas mit Chlorwasserstoffsäure, Wasser und einer gewogenen Menge Kupferblech bei Luftausschlufs gekocht. Der auf solche Art gefundene Gehalt an Eisenoxyd, abgezogen von der Gesammtmenge der Hauptanalyse, ergab die Quantität des Eisenoxyduls. Das Resultat dieser Versuche war:

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	40,88		21,24
Thonerde	10,96	4,59	7,20
Eisenoxyd	8,72	2,61	
Eisenoxydul	8,96	2,00	
Talkerde	20,00	7,90	10,11
Kalkerde	0,68	0,21	
Wasser	10,18		9,05
	100,38.		

Die Sauerstoffmengen von $\dot{R}$, $\dddot{R}$, $\dddot{Si}$ und $\dot{H}$ erhalten sich hiernach wie 1,4 : 1 : 2,95 : 1,26, und da die angeführte Bestimmungsart des Eisenoxyds, obwohl die einzig zulässige, stets einen etwas zu hohen Gehalt liefert, so dürfen wir wohl 1,5 : 1 : 3 : 1,5 als das wahrscheinlich richtige Verhältnifs annehmen. Die Formeln, welche man danach für das Fossil construiren kann, sind entweder



$$(3\,\dot{R}^3\,\dddot{Si} + \dddot{R}^2\,\dddot{Si}^3) + 9\,\dot{H}$$

oder



$$2\,[(\dot{R}^3\,\dddot{Si}^2 + \dddot{R}\,\dddot{Si}) + 3\,\dot{H}] + 3\,\dot{Mg}\,\dot{H}.$$

Die Mineralien, welche dem in Rede stehenden wegen ihrer physikalischen oder chemischen Eigenschaften am nächsten stehen, sind: Serpentin, Schillerspath und die damit verwandten, sowie Chlorit (Ripidolith), Pyrosklerit und Kämmererit. Von den ersteren trennt die chemische Untersuchung es vollständig durch seinen Gehalt an Basen $\dddot{\bar{R}}$, d. h. Thonerde und Eisenoxyd, und unter den letzteren kommen hier eigentlich blofs Chlorit und Ripidolith in Betracht. Aber dafs beide von unserem Fossil doch wesentlich verschieden und diefs eine selbstständige Verbindung ist, ergiebt sich aus ihrer procentischen Zusammensetzung und dem Sauerstoffverhältnifs ihrer Bestandtheile. Denn letzteres ist bei dem

	$\dot{R} : \dddot{\bar{R}} : \dddot{Si} : \dot{\bar{H}}$
Fossil von Harzburg	$= 1\frac{1}{2} : 1 : 3 : 1\frac{1}{2}$
Chlorit	$= 1\frac{1}{2} : 1 : 2 : 1\frac{1}{2}$
Ripidolith . . .	$= 1 : 1 : 1\frac{1}{3} : 1.$

Es geht hieraus hervor, dafs unser Epichlorit, ein Chlorit mit $1\frac{1}{2}$fachem Säuregehalt wäre. Nimmt man, wie wir es beim Chlorit vorgeschlagen haben, die Thonerde elektronegativ, so wird, je nachdem man $3\,\dddot{Al} = 2\,\dddot{Si}$ oder $\dddot{Al} = \dddot{Si}$ setzt, das Sauerstoffverhältnifs von Basis, Säure und Wasser = 10 : 26 : 9 oder 10 : 28, 4 : 9; dürfte man diefs in 9 : 27 : 9 = 1 : 3 : 1 verwandeln, so wäre der Epichlorit



$$= \dot{R} \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si} \\ \dddot{Al} \end{matrix} \right. + \dot{\bar{H}}$$

während Chlorit (Ripidolith)



$$= \dot{R}^3 \left\{ \begin{matrix} \dddot{Si}^2 \\ \dddot{Al}^2 \end{matrix} \right. + 3\,\dot{\bar{H}}$$

ist.

Wir schlagen in Folge dessen für diese neue Gattung den Namen *Epichlorit* vor, um damit die nahe Beziehung auszudrücken, in welcher sie zu dem Chlorit steht.

Das Gestein, auf welchem der Epichlorit aufsitzt, ist ziemlich homogen, schwer zersprengbar, und hat, wie schon

bemerkt, entfernte Aehnlichkeit mit Serpentin. Von Säuren wird es theilweise zersetzt.

Die Analyse gab:

Kieselsäure	41,85
Thonerde	6,19
Eisenoxydul	18,94
Talkerde	16,50
Kalkerde	7,87
Kali	3,17
Wasser	5,90
	100,42.

Es ist also vom Epichlorit wesentlich verschieden, nähert sich aber, wenn man die Thonerde als Vertreter von Kieselsäure betrachtet, der Mischung des Serpentins und Schillerspaths. Chlorwasserstoffsäure zerlegt es in einen löslichen Theil, der ein thonerdehaltiger Serpentin ist, und einen unlöslichen von der Natur der Hornblende.

III. Heteromorphit.

Bekanntlich wurde das *Federerz* von der Antimongrube bei Wolfsberg und mehreren anderen Fundorten früher für eine haarförmige Varietät von Antimonglanz gehalten. Die chemische Untersuchung dieser Substanz durch H. Rose [1]) zeigte indessen, dafs sie, gleich dem Zinckenit, Plagionit, Boulangerit, Jamesonit u. s. w. ein Schwefelantimonblei ist, worin sich die Schwefelmengen des Bleis und Antimons = 2 : 3 verhalten, so dafs also seine Formel $\acute{P}b^2 \dddot{S}b$ ist.

An demselben Fundorte ist in neuerer Zeit ein Mineral von der nämlichen Zusammensetzung vorgekommen, welches folgende Eigenschaften besitzt:

Härte etwas gröfser als die des Kalkspaths (3,1). Spec. Gew. = 5,6788 (R.). Structur amorph.; Bruch feinkörnig ins Ebene; in sehr derben Stücken Neigung zu schiefriger Absonderung. Farbe bleigrau, Strich stark metallisch glänzend; mit Spiegeln und gereiften Rutschflächen vorkommend. Kry-

1) Pogg. Ann. Bd. 15, S. 471.

Krystalle von mehr oder weniger zersetztem Braunkalk, oder auch nur die Eindrücke derselben kommen darin vor.

Diefs chemische Verhalten auf trocknem und nassem Wege ist das aller ähnlichen Schwefelantimonblei-Verbindungen.

Die Analyse des Minerals, von Herrn Poselger ausgeführt, gab:

Schwefel	20,32
Antimon	32,98
Blei	48,48
	101,78.

Es ergiebt sich hieraus die Identität mit dem Federerz, in das übrigens auch ein nachweisbarer Uebergang stattfindet. Sehr wahrscheinlich ist es durch Eintrocknen einer ursprünglich schlammigen Masse entstanden. Aber der Name Federerz, welcher sich blofs auf eine besondere Varietät bezieht, kann hiernach nicht mehr für die Gattung bleiben; wir haben sie daher *Heteromorphit* genannt, und bezeichnen das bisherige Federerz als *haarförmigen*, die neue Varietät aber als *dichten* Heteromorphit.

Dasselbe Mineral hat sich indessen noch an einer anderen Stelle gefunden. Im Jahre 1839 wurde mit dem Feldorte des Herzog-Alexius-Erbstollens, der im Selkethale unterhalb Mägdesprung mündet, ein Gang überfahren, dessen Hauptmasse aus Quarz bestand, und welcher im ersten Anbruche verschiedene Antimonerze, nachher aber auch Bleiglanz, Blende, Schwefelkies, Nickelglanz, Fahlerz, Kalkspath, Schwerspath, Braunspath und Spatheisenstein führte. Mit Antimonglanz und Federerz kam hier ein Mineral von folgender Beschaffenheit vor:

Härte = 3 (ritzt Kalkspath); wenig spröde; Textur: faserig, gerade und durcheinanderlaufend; spaltbar nicht blofs nach der Längsrichtung der Fasern, sondern auch ausgezeichnet (anscheinend) rechtwinklig darauf, einen blättrigen Querbruch zeigend, gleich dem Jamesonit. Farbe: lichtbleigrau; Strich und Pulver: dunkler; Metallglanz, die

Fasern seidenglänzend. Spec. Gew. = 5,478 — 5,49; bei einer anderen Probe 5,693 — 5,719 (als grobes Pulver R.).

Bei dem zuvor beschriebenen amorphen Heteromorphit war die Härte nur um ein Geringes gröfser.

Vor dem Löthrohr und auf nassem Wege verhält es sich wie alle ähnlichen Substanzen.

Die Analyse dieses durch seine Axotomie lebhaft an Jamesonit erinnernden Minerals wurde mittelst Chlorgas ausgeführt, und gab:

Schwefel	20,86				
Antimon	30,67	erfordern		11,46	Schwefel
Blei	42,79	-	6,64	9,43	-
Eisen	2,83	-	1,62		
Zink	1,84	-	0,91		
Kupfer	1,01 [1])	-	0,26		
	100.			20,89	-

Der Deutung des Resultats stellt sich indessen eine Schwierigkeit entgegen. Die Menge der 3 letzten Metalle ist nicht ganz unbedeutend, so dafs sie auf das Schwefelverhältnifs von Antimon und Blei von Einflufs ist, zugleich aber ist sie, den Analysen zufolge, nicht immer gleich, wie denn ein besonderer Versuch mit einer von Schwefelkies und Blende scheinbar ganz freien Probe nur 0,37 Eisen und 0,4 Zink ergab. Da nun Blende und Schwefelkies sichtlich eingesprengt vorkommen, so müssen jene Metalle in Abzug gebracht werden. Dann erhält man für die Zusammensetzung des Erzes:

Schwefel	19,77			
Antimon	33,50	=	12,51	Schwefel
Blei	46,73	=	7,25	-
	100.			

1) Die directe Bestimmung des Antimons gab 31,94 pC., weil in dem Sulfid der Schwefelüberschufs nicht besonders ermittelt wurde. Eine frühere nicht vollständige Analyse des Minerals hatte

21,35 Schwefel,
40,47 Blei,
2,68 Eisen,
5,82 Zink,
0,50 Kupfer,

geliefert.

Es ist mithin $\acute{Pb}^3 \overset{'''}{Sb}$, Heteromorphit, nur gemengt mit etwas Antimonglanz, der zugleich mit ihm vorkommt, und dessen Menge hier 6 pC. beträgt.

Vom *Boulangerit*, den wir ebenfalls zu Wolfsberg früher schon nachgewiesen haben, unterscheidet sich das Erz durch das Ansehen, sein geringeres spec. Gewicht und seine Zusammensetzung.

Der gleichzeitig einbrechende viel weichere *Antimonglanz* hat in einzelnen schwärzlichen Parthieen nicht das gewöhnliche charakteristische Ansehen. Eine Probe derselben zeigte ein spec. Gew. = 4,438, bestand aber nur aus Schwefelantimon, neben 0,7 pC. Blei.

IV. Gänseköthigerz.

Diese Substanz, welche zu Allemont, Joachimsthal, Schemnitz, besonders aber zu St. Andreasberg sich findet, ist oft verkannt worden. Sie ist am letzteren Orte schon seit langer Zeit auf der Grube Bergmannstrost, besonders aber an der oberen Firste von Katharina-Neufang vorgekommen. Allein offenbar hat man mit demselben Namen ganz verschiedene Dinge bezeichnet. So zu Schemnitz und Allemont einen silberhaltigen mit Thon gemengten gelben Erdkobalt; alte Vorkommen von Joachimsthal zeigen einen gestrickten Speifskobalt, mit demselben gelben Ueberzuge versehen, welcher in Andreasberg Gänseköthigerz heifst.

Dieses letztere, welches wir hier allein näher in Betracht ziehen, beschrieb Hausmann, so viel uns bekannt, zuerst [1]), und nannte es *schlackiges Rauschgelb*. Es kommt nach ihm selten derb, gewöhnlich als dünner Ueberzug von geflossenem und getropftem Ansehen vor. Die Oberfläche glatt und fettglänzend, der Bruch kleinmuschlig. Durchscheinend. Farbe schwefelgelb, zeisiggrün, hyazinthroth, braun und pechschwarz. Spröde, halbhart ins Weiche. Vor dem Löthrohr zeigt es die Eigenschaften des Rauschgelbs. Kommt mit Arsenikblüthe, gediegen Arsenik, Rothgültigerz, Silberschwärze, Bleiglanz, in schlackenartigen Stücken vor.

1) Norddeutsche Beiträge, Heft 4, S. 84.

Lasius nennt [1]) das G. von Bergmannstrost einen erdigen silberhaltigen Kobalt, aus schwarzem Kobalt und dessen rothem Beschlag, verkalktem Kupfernickel, Silber, Thon und Eisenerde bestehend. Der schwarze Antheil enthält oft Arsenik und Schwefel, wo es erdig, ohne Erzglanz ist. Bald hat der Arsenik, bald der grüne Nickelkalk das Uebergewicht. Der rothe Beschlag ist nur in geringer Menge vorhanden.

Nach einer wohl nicht sehr zuverlässigen Quelle von Schreiber [2]) soll das G. aus 11,87 Silber, 5,56 Quecksilber, 39,93 Eisen, 5 Kobalt, 25,41 Arsenik und 12,5 Wasser bestehen.

Die im nachfolgenden zu einigen qualitativen Proben benutzte Varietät von der Grube Neufang hat folgenden Charakter:

Härte: wird nicht von Gypsspath, wohl aber von Steinsalz geritzt (2,0). Geflossenes Ansehen; Fettglanz, zum Theil matt; nierförmig und kleintraubig, von schaliger Absonderung; Querbruch eben ins Unebene; als glänzender, theilweise opalisirender Ueberzug. Farbe schneeweifs, gelb, röthlich, hyazinthroth; die schwarzen Parthieen scheinen dem Fossil nicht anzugehören. Es bildet den Ueberzug metallischer Fossilien, von gediegnem Arsenik, Bleiglanz, Rothgültigerz, Arsenikkies, Antimonsilber, und ist augenscheinlich ein Product der Zersetzung dieser Substanzen. Zuweilen findet es sich kleintraubig, weifslichmürbe und mehlig, mit Brauneisenstein überzogen, und ausgezeichnete Krystalle von Antimonsilber einschliefsend, woraus man deutlich sieht, dafs diefs dasselbe Vorkommen ist, wie die unter dem Namen Doubletten bekannten in gediegen Arsenik eingeschlossenen Krystalle von Antimonsilber.

Zur chemischen Prüfung dienten reine ausgesuchte Bröckchen, welche ganz frei von metallischen Theilen waren.

Im Kolben erhitzt, giebt die Substanz Wasser und Spu-

1) Beobachtungen über die Harzgebirge, Th. 2, S. 322.

2) Wahrscheinlich die Substanz von Allemont betreffend, im *Journ. de Physique* 1784. Mai.

ren von arseniger Säure. Vor dem Löthrohr auf Kohle schmilzt sie unter starkem Arsenikgeruch. In Chlorwasserstoffsäure giebt sie zum gröfsten Theil eine intensiv gelbe Auflösung, welche Eisenoxyd, Arseniksäure und Antimonoxyd oder Antimonsäure enthält.

Man darf wohl annehmen, dafs das Gänseköthigerz ein Gemenge verschiedener Oxydationsproducte von Arsenik, Antimon und Eisen enthaltenden Erzen, und dafs seine Hauptmasse mit dem sogenannten Eisensinter identisch ist, von dem einige Varietäten ihm auch im Aeufseren ganz nahe stehen. Jedenfalls möchte der Name Gänseköthigerz aus der Mineralogie zu verbannen seyn.

V. Scheelit.

Das Vorkommen des Scheelits am Harz beschränkt sich auf die Gruben bei Neudorf und die Albertine bei Harzgerode, wo derselbe am Ende der Erzmittel mit Wolfram, Schwefelkies und Bleiglanz in Spatheisenstein, Quarz und Kalkspath vorkommt. Hie und da trifft man ihn auch als offenbare Pseudomorphose nach Wolfram.

Er erscheint selten derb und in Wolfram und Bleiglanz eingesprengt; in der Regel krystallisirt in Formen, aus den Flächen des Hauptoctaëders und des ersten schärferen zusammengesetzt. Gelblich- und weifslich grau, durch reines Gelb bis ins ausgezeichnet Hyazinthrothe. Letzteres ist das häufigste, ersteres das seltenste Vorkommen.

Die Härte der frischesten hyazinthrothen Abänderungen ist = 5; er ritzt den Apatit, und wird von ihm geritzt, welche bemerkenswerthe gröfsere Härte gegen den übrigen Scheelit auffallend ist. Strich weifs. Der graue zeigt Diamant-, der hyazinthrothe Glasglanz.

Das spec. Gew. einer röthlich-gelben Abänderung fand sich = 6,03 und die Analyse gab:

Wolframsäure	78,64
Kalkerde	21,56
	100,20.

VI. Wolfram.

Am Harz kommt der Wolfram nur auf den Gängen östlich vom Ramberge, besonders auf dem Neudorf-Strafsberger Grubenzuge in verschiedenen Formen vor. Zum Theil sehr derb (Strafsberg, Meiseberg, Pfaffenberg) und massig, und dann sehr selten von ausgebildeten Krystallen begleitet, sondern nur krystallinisch; zum Theil in schmalen Trümmern von Blende und Flufsspath (Meiseberg), als dünne, fast nadelförmige, zuweilen durch Krümmung der Seitenflächen spitzig zulaufende prismatische Krystalle von kaum 1 Linie Querschnitt, in Flufsspath; sonst in Quarz und Spatheisenstein eingewachsen. Mit ihm bricht gleichzeitig schön krystallisirter Scheelit, welcher aus dem Wolfram hervorgegangen zu seyn scheint, und zum Theil in die Räume zwischen den krystallinischen Massen von jenem oder von Bleiglanz eingedrungen ist. Auch Pseudomorphosen von Wolfram nach Scheelit kommen vor. In den Gängen tritt er fast ausschliefslich am Ende der Erzmittel mit Schwefelkies auf, weshalb er dem Bergmanne ein Zeichen ist, dafs edle Anbrüche kommen, wenn deren noch keine da sind, sowie er andererseits als Erzräuber angesehen wird (woher der Name), wenn man in Anbrüchen baut. Die nadelförmigen Krystalle, zumal die in Flufsspath vorkommenden, sind nie aufsitzend, sondern stets, gleichsam im Flufsspath oder Spatheisenstein schwimmend, von der Unterlage abgedrückt (abgebrochen) und von der Stelle geschoben, ein Beweis des Drängens der Gangmasse im schon ziemlich rigiden Zustande, was auch bei anderen Einschlüssen, z. B. denen von Bleiglanz in Spatheisenstein, wahrgenommen werden kann, so dafs eine Bewegung der schon verdickten Ausfüllungsmasse nicht zweifelhaft bleibt. Auf dem Pfaffenberge kam im J. 1821 in dem östlichen Gesenke der neunten Strecke Wolfram in Spatheisenstein vor; zum Theil waren die Krystalle ausgewittert, während die zurückgebliebenen Höhlungen mit einer grünen pulverigen

Substanz und Schwefelkies bekleidet sind [1]). In der Nähe und ganz mit Wolfram verwachsen, kam ausgezeichneter hyazinthrother Scheelit vor, dessen Entstehung aus dem Wolfram kaum zu bezweifeln ist. Merkwürdig bleibt für die Entstehungsgeschichte der Gänge der Umstand, daſs der Wolfram nur am Ende der Erzmittel, dem Streichen nach, nie aber am Hangenden und Liegenden der Trümmer vorkommt, ein Verhalten, dessen Erklärung in Rücksicht auf die genetischen Verhältnisse der Gänge an einem anderen Orte versucht werden soll.

Das spec. Gew. des harzer Wolframs fand sich = 7,143. Nach einer schon früher mitgetheilten Analyse [2]) besteht er aus: Wolframsäure 75,56; Eisenoxydul 20,17; Manganoxydul 3,54, und hat mithin die Zusammensetzung der Varietäten von Ehrenfriedersdorf, Nertschinsk, Monte-Video, Chanteloupe und Godolphins-Ball in Cumberland, während Kerndt in einem Wolfram vom Meiseberge, der ein spec. Gew. = 7,23 besaſs, 75,8 Wolframsäure, 9,78 Eisenoxydul, und 14,42 Manganoxydul gefunden zu haben angiebt [3]), was mit der Mischung des W. von Zinnwald, Altenberg, Schlakkenwalde, Trumbull und Huntington in Connecticut, Neu-Beschert-Glück bei Freiberg, und Lockfell in Cumberland übereinstimmt.

VII. Fahlerz.

Zu den interessantesten Mineralien der Neudorfer Gruben gehört unstreitig das Fahlerz, theils wegen der Beziehungen desselben zur Ganggeschichte, theils wegen seiner Zusammensetzung und seiner Wichtigkeit für den technischen Haushalt. Seit den ältesten Zeiten ist es dem Bergmanne bekannt, und als Weiſsgültigerz, sobald es silberhaltig ist, bezeichnet; so auch in den älteren Berichten

1) Dieser grüne Stoff giebt vor dem Löthrohr Reactionen auf Eisen, Wolframsäure und Kieselsäure.

2) Diese Ann. Bd. 68. S. 517.

3) J. f. prakt. Chem., Bd. 42. S. 106.

über den anhaltinischen Bergbau. Es ist zu verschiedenen Zeiten sehr reiches Fahlerz, noch neuerlich bis zu einem Gehalt von 32 Mark Silber im Centner vorgekommen, aber immer nur nesterweise, und ohne constanten Silbergehalt. Dieser letztere läfst sich nicht mit Sicherheit aus dem Aeufseren beurtheilen, obgleich das lichte mit Kupferkies vorkommende Erz das reichere zu seyn pflegt. Alle Gruben des anhaltischen Reviers führen Fahlerze, und zum Theil sehr reiche, am ausgezeichnetsten aber die Grube Meiseberg [1]). Wie von allen übrigen Ausfüllungsmassen der Gänge, giebt es auch vom Fahlerz verschiedene Bildungsepochen, jedoch gehört es den neueren Gangbildungen an. Die merkwürdigsten Vorkommen sind folgende:

1. Grofse Krystalle bis zu 2″ Durchmesser, mit Bleiglanz, Bournonit und Kupferkies verwachsen, und mit letzterem überzogen. Sie liegen lose in Drusenlöchern.

2. Krystalle aus Kupferkies in regelmäfsiger Anordnung herauskrystallisirt.

3. Krystallinische Massen als Bindemittel von Gangbruchstücken, in Drusenhöhlen gefunden. Zusämmenhäufungen von Krystallen, mit Kupferkies überzogen.

4. Fahlerz, mit Blendekrystallen überzogen.

5. Dasselbe, angeflogen auf losen Bruchstücken von Gangmasse, in Drusen gefunden, welche mit sehr kleinen Bleiglanzwürfeln bekleidet sind.

6. Isolirte Gruppen ringsum ausgebildeter Krystalle in Kalkspath und Spatheisenstein.

7. Derb in schmalen Trümmern, *a*, eine porphyrartige Grundmasse, begleitet von Kupferkies und Spatheisenstein durchsetzend; *b*, derben Kupferkies durchsetzend, also als jüngste Erzbildung sich hier erweisend; *c*, in derben Trümmern mit Kupferkies gemengt, das Innere von Schwefelkiestrümmern bildend, und dann in der Regel sehr silberreich.

Die Beziehung des Fahlerzes zum Kupferkies ist äufserst

1) Sogar auf der Antimongrube bei Wolfsberg ist es, obwohl als grofse Seltenheit, vorgekommen.

merkwürdig, und mehrere hierher gehörige Erscheinungen, zumal der so häufige Ueberzug von Kupferkies, den man auf dem Fahlerz findet, haben schon oft die Aufmerksamkeit der Mineralogen erregt. Noch jüngst hat Herr Dr. O. Volger in einem vortrefflichen Aufsatze [1]) über die Pseudomorphosen des Fahlerzes darzuthun gesucht, dafs der überziehende Kupferkies eine Pseudomorphose des Fahlerzes sey. So höchst schätzenswerth diese Arbeit, und so reich sie an interessanten Beobachtungen ist, so können wir doch dieser Ansicht nicht beistimmen. Denn das reiche Material, welches uns vorliegt, giebt folgende Thatsachen an die Hand:

1. Es giebt Fahlerze, welche nicht allein eine Haut von Kupferkies auf den Krystallflächen zeigen, sondern welche auch, zerschlagen, auf den Bruchflächen nach einer Richtung das gelbe Ansehen des Kupferkieses haben, während sie, wenn man das Stück etwa um einige vierzig Grad dreht, ganz grauen Bruch darbieten, ähnlich den gereiften Flächen, auf denen man verschiedene Bilder sieht, je nachdem man sie in verschiedenen Richtungen betrachtet. Hieraus folgt, dafs auch im Innern der Fahlerzmasse eine regelmäfsige Zusammenordnung von Fahlerz- und Kupferkiestheilchen stattfindet.

2. In Zincken's Sammlung befindet sich ein regelmäfsiges Tetraëder von Fahlerz und Kupferkies, welche so mit einander durchwachsen sind, dafs der Kupferkies die Basis des Krystalls bildet, dann eine Fahlerzmasse folgt, und die Spitze ganz mit zarten Gängen von Kupferkies durchsetzt ist, so dafs der Krystall auf den ersten Blick Kupferkies zu seyn scheint.

3. Es sind Gangstücke vorhanden, wo Parthieen von Kupferkies in Sphärengestein von Quarz und Spatheisenstein eingeschlossen, und, weil lose Bruchstücke, auf der alten Bruchfläche ganz krystallinisch geworden sind. Auf der Bruchfläche des Kupferkieses allein liegt eine Menge von Fahlerzkrystallen, nie auf dem Quarz oder Spatheisen-

1) Pogg. Ann. Bd. 74, S. 25.

stein, woraus erhellt, dafs das Fahlerz aus dem Kupferkies, nicht aber von einer äufseren Ursache gekommen ist.

4. Grofse Krystalle von Kupferkies enthalten Fahlerzkrystalle, welche aus denselben so zu sagen herausgeblüht sind. Sie befolgen eine gewisse Regelmäfsigkeit in der Anordnung, so dafs eine Tetraëderfläche der anderen parallel liegt, und stecken oft so tief im Kupferkies, dafs sie kaum mit einer Spitze daraus hervorragen. Es ist unverkennbar, dafs beide Substanzen gleichzeitig aus *einer* Masse angeschossen seyn müssen. Sollte daher nicht auch eine gleiche Entstehung bei dem mit Kupferkies überzogenen Fahlerz stattgefunden, und die überschüssige Kupferkiesmasse sich bei dem Krystallisiren von der Fahlerzmasse getrennt haben? Die vorwaltende Masse bildet den Krystall, die mindere den Ueberzug oder die ausgeblühten Krystalle. An einem anderen Orte werden wir auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Die Krystallform dieser Fahlerze ist das Tetraëder, das Triakistetraëder, für sich oder in Combination mit jenem, und als Seltenheit das Tetraëder mit dem Granatoëder. Die Flächen sind sehr selten vollkommen spiegelnd, in der Regel uneben, und zeigen eine Menge kleiner Individuen, welche den Krystall zusammensetzen.

Die Härte zwischen Kalk- und Flufsspath. Die Farbe eisenschwarz bis lichtbleigrau. Der Bruch muschlig ins Unebene.

Das spec. Gewicht fand sich bei dem
krystallisirten vom Meiseberge (Anal. 1.) = 4,852,
derben vom Tannhöfer Gesenk, Birnbaumer Zuges,
(Anal. 2.) = 4,892
4,902
4,946
derben, ebendaher, (Anal. 3.) = 4,526.

Die beiden letzten Abänderungen sind im Juni 1847 vorgekommen. Der Silbergehalt ist nach der trocknen Probe in No. 2 zu 12 Mk. 8 Lth., in No. 3 zu 14 Mk. 7 Lth. im Centner angegeben.

	I.	II.	III.
Schwefel	24,80	24,22	24,69
Antimon	26,56	26,44	25,74
Kupfer	30,47	31,53	32,46
Silber	10,48	7,27	7,55
Zink	3,39	3,25	3,00
Eisen	3,52	4,36	4,19
Blei	0,78	97,07	97,63
	100.		

Ihre Zusammensetzung ist mithin im Ganzen dieselbe. Berechnet man zu den Metallen die Schwefelmengen, so erfordern an Schwefel

	in I.			II.			III.		
Antimon		9,94			9,89			9,64	
Kupfer	7,75	9,31	13,01	8,02	9,10	13,22	8,25	9,38	13,26
Silber	1,56			1,08			1,13		
Zink	1,68	3,70		1,61	4,12		1,48	3,88	
Eisen	2,02			2,51			2,40		
Blei		0,12			23,11			22,90	
		23,07.							

Da die Zahlen 9,94 : 13,01
9,89 : 13,22
9,64 : 13,26

sehr nahe = 3 : 4 sind, so bestätigt sich an diesen Fahlerzen die allgemeine Formel $\overset{\prime}{R}^4 \overset{\prime\prime\prime}{Sb}$ worin R = Cu, Ag, Zn, Fe ist.

Die Schwefelmengen in $\overset{\prime}{Zn}$ und $\overset{\prime}{Fe}$ einerseits, und die in $\overset{\prime}{Cu}$ und $\overset{\prime}{Ag}$ andererseits verhalten sich in

1 = 1 : 2,52
2 = 1 : 2,20
3 = 1 : 2,42

also niemals = 1 : 2.

VIII. Bournonit.

Von allen Fundorten dieses Minerals dürfte der Harz wohl die schönsten Exemplare, was Schönheit und Gröfse der Krystalle betrifft, geliefert haben; vorzugsweise und

fast ausschliefslich gilt diefs aber von den anhaltischen Gruben bei Harzgerode, Neudorf und Wolfsberg. Alle diese Gruben, so weit sie bekannt sind, führen Bournonit, jedoch in Varietäten, deren äufsere Charaktere sehr bemerkenswerthe Verschiedenheiten zeigen.

Ohne hier auf eine monographische Behandlung der an Combinationen reichen Krystalle näher einzugehen, die wir einer späteren Bearbeitung vorbehalten, wollen wir nur folgende Unterschiede hervorheben:

a. Dicke Tafeln, die Endflächen bedeutend vorwaltend, die gegen die Hauptaxe geneigten Flächen dagegen sehr zuzücktretend.

b. Krystalle, mit Endflächen, die Säulenflächen untergeordnet, die geneigten in höherem Grade entwickelt.

c. Prismatische Formen, in der Richtung der Hauptaxe ausgedehnt; die Flächen der horizontalen Zone und die Endfläche in der Regel den Krystall allein bildend.

Aber es sind auch Verschiedenheiten in Farbe, Glanz und Bruch damit verbunden.

	a,	b.	c.
Farbe:	licht-bleigrau	eisenschwarz,	
Glanz:	halbmetallisch; die Krystallflächen stets rauh.	Metallglanz; die Flächen glänzend und spiegelnd.	
Bruch:	uneben ins Blättrige.	muschlig nach jeder Richtung.	Längenbruch faserig, Querbruch muschlig.

Die Härte aller drei Varietäten ist gleich, nämlich die des Kalkspaths.

Ueber das spec. Gew. liegen folgende Angaben vor; die mit *B* bezeichneten rühren von Hrn. Dr. C. **Bromeis** her:

a. Bleigrauer *B.* vom Meiseberg	=	5,703	Z.
		5,7925	B.
		5,7262	B.
		5,779	R.
b. Schwarzer *B.* von Neudorf	=	5,844	Z.
		5,822	B.
		5,847	B.
		5,863	R.

c. Schwarzer *B.* von Wolfsberg = 5,796 Z.
5,8013 B.
5,8557 B.
5,726 R.

Die Analyse dieser drei Bournonitvarietäten hat folgende Resultate gegeben, wobei die mit *B.* bezeichneten ebenfalls von Hrn. Dr. C. Bromeis herrühren.

	a.	b.		c.	
	B.	B.	R.	B.	R.
Schwefel	19,487	20,15	18,990	19,762	19,62
Antimon	24,603		24,820	24,340	
Blei	40,421	41,83	40,036	42,878	41,92
Kupfer	13,062	13,48	15,164	13,060	12,38
	97,573		99,010	100,030.	

Ein erheblicher Unterschied läfst sich also in der chemischen Zusammensetzung nicht wahrnehmen, und Silber liefs sich in keiner Probe auffinden.

IX. Zwei Nickelerze von der Antimongrube bei Wolfsberg.

Schon in den Jahren 1821—26 war auf dieser Grube Nickelglanz bemerkt worden, bei der Unbedeutendheit des Vorkommens aber nicht bekannt gemacht worden. Im vorigen Jahre fanden sich wiederum Nickelerze, welche im westlichen Grubenfelde in den oberen Teufen in kurzen Trümmern, einige Linien stark, eingesprengt und nesterweis in einer der allgemeinen Gangmasse ähnlichen vorkommen, die ein grauwackenähnliches Ansehen hat, und mit arsenikhaltigem Schwefelkies und Nickelglanz in mikroskopischen cubischen Krystallen innig durchwachsen ist. Es findet sich zugleich ein wenig braune Blende, meist gelbgefärbter am Rande schwarzer Kalkspath, Spatheisenstein und Quarzkryställchen. Einzelne scharfkantige Bruchstücke von Quarz, von zerbrochenen Quarztrümmern von stängliger Structur herrührend, rundliche geschiebeartige Massen von Kieselschiefersubstanz und das ganze Ansehen beweisen, dafs zum Theil Erz und Gangmasse in einem breiigen Zustande untereinander gemengt und gerieben seyn müssen, ehe sie fest

wurden. Theilweise aber sind die Trümmer selbstständig, haben an einer Seite (ob Hangendes oder Liegendes ist nicht anzugeben) ein dünnes Quarztrumm, dann aber etwa zollmächtig die erwähnte grauwackenartige Masse mit Schwefelkies, dann das erzhaltige Trumm, welches die Nickelerze, wenig Kalkspath, Blende, Schwefelkies, Spatheisenstein und Quarz ohne regelmäfsige Reihenfolge durcheinander gewachsen enthält. Sodann folgt ein quarziges Schwefelkiestrumm, und ein anderes quarziges Saalband scheint die Quarzbildung zu beschliefsen. Diese Trümmchen dürften flachgedrückte Nester seyn, und keine weite Erstreckung haben. Wenn man die rundlichen aus dem Gange geförderten Wände auf der Halde beachtet, ähnlich wie Kiesnieren im Thonschiefer, so hat man Hoffnung, die Erze zu finden, welche sich in der Grube nicht entdecken lassen. Das ganze Erztrumm ist jünger als das schwefelkiesführende grauwackenartige, wovon es aufser Obigem noch Bruchstücke einschliefst. Beide Trümmer sind miteinander verwachsen.

Der Schwefelkies ist speifsgelb, läuft an den Absonderungsflächen leicht bunt an, hat fast die Härte des Feldspaths, giebt beim Erhitzen in der Glasröhre Schwefel und schweflige Säure, schmilzt vor dem Löthrohr auf Kohle geröstet zu einer schwarzen Schlacke, reagirt mit Phosphorsalz stark auf Nickel und Eisen, während nach Ausfällung des ersteren durch Zinn eine nicht sehr starke Kupferreaction hervortritt.

Neben diesen Mineralien lassen sich zwei Nickelerze unterscheiden, welche wir einstweilen als *Bournonit-Nickelglanz* und *Nickelbournonit* bezeichnen wollen.

A. Bournonit-Nickelglanz.

Krystallform: reguläres System, Würfel; dreifache rechtwinklige Spaltbarkeit; Härte zwischen Flufsspath und Apatit (4,5), mithin etwas weicher als Antimon-Nickelglanz. Leicht zersprengbar; Strich schwarz; Glanz metallisch; Farbe

grau, lichter als Bleiglanz auf den Spaltungsflächen, fast eisenschwarz in der Richtung von 45° gegen dieselben.

Spec. Gew. = 5,635 — 5,706 (R.).

Löthrohrverhalten: In einer offenen Röhre geröstet, schmilzt das Mineral, wird dann theilweise wieder fest, giebt schweflige Säure und ein weifses Sublimat. Auf Kohle verhält es sich ebenso, giebt einen starken weifsen Beschlag, und auf Zusatz von Soda Arsenikgeruch. Mit Borax geschmolzen, ein röthliges Korn und eine smalteblaue Schlacke.

Salpetersäure oder Königswasser greifen es heftig an; es entsteht eine intensiv grüne Auflösung, und es bleibt ein weifser Rückstand.

Die Analyse wurde mittelst Chlorgas ausgeführt, und dazu möglichst reines Material, würflig spaltbare Bruchstückchen, ausgesucht.

Schwefel	16,86
Antimon	19,53
Arsenik	28,00
Nickel	27,04
Kobalt	1,60
Blei	5,13
Kupfer	1,33
Eisen	0,51
	100.

Eine andere Probe mit ebenso ausgesuchtem Material hatte 3,89 Blei und 1,06 Kupfer gegeben.

Zwei frühere Analysen hingegen, zu denen nicht so reine grofsblättrige Parthieen des Erzes benutzt werden konnten, und von denen *a* mittelst Königswasser, *b* mittelst Chlor angestellt worden, hatten gegeben:

	a.	b.
Schwefel	18,43	16,45
Antimon	13,75	
Arsenik	20,51	
Nickel } Kobalt }	20,29	16,20
Blei	17,83	26,13
Kupfer	4,40	4,55
Eisen	1,18	2,35

Ehe wir eine Deutung dieser Resultate versuchen, wollen wir zu dem zweiten Mineral übergehen.

B. Nickelbournonit.

Derb, nie krystallisirt. Bruch uneben ins feinkörnige. Farbe: dunkelbleigrau ins eisenschwarze. Wenig glänzend. Härte: zwischen Kalk- und Flufsspath (3,5).

Das specifische Gewicht ergab sich bei drei Versuchen = 5,524 — 5,560 — 5,592.

Löthrohrverhalten: Verhält sich im Allgemeinen wie *A*, giebt aber auf Kohle einen innerhalb gelblichen Beschlag; mit Soda für sich keinen deutlichen Arsenikgeruch gebend, wohl aber, wenn das Sublimat in der offenen Röhre mit Kohle und oxalsaurem Kalk reducirt wird.

Die Analyse, zu der gleichfalls möglichst reines Material verwendet wurde, und welche auch hier durch Chlorgas geschah, gab:

Schwefel	19,87
Antimon	24,28
Arsenik	3,22
Blei	35,52
Kupfer	9,06
Nickel und etwas Kobalt	5,47
Eisen	0,84
	98,26.

Zwei andere, bei denen die Reinheit der Proben weniger zu verbürgen ist, hatten geliefert:

	a.	b.
Schwefel	20,39	20,94
Antimon	21,88	
Arsenik	6,58	
Blei	32,75	27,55
Kupfer	7,68	7,46
Nickel u. Kobalt	8,73	11,06
Eisen	1,99	2,39
	100.	

Was

Was nun die Deutung dieser Resultate betrifft, so zeigt sich zuvörderst, dafs beide Mineralien nicht blofs aus Schwefelmetallen bestehen können, weil die Schwefelmengen dazu bei weitem nicht hinreichen.

Betrachten wir zuvörderst die Analyse unseres Minerals *A*, und berechnen wir, von dem Bleigehalt ausgehend, die zur Bildung von Bournonit, $\overset{\prime}{Cu}{}^3 \overset{\prime\prime\prime}{Sb} + 2 \overset{\prime}{Pb}{}^3 \overset{\prime\prime\prime}{Sb}$ nöthigen Mengen von Schwefel, Antimon und Kupfer (Eisen), so zerfällt das Mineral in:

Bournonit.		Rest.	
Schwefel	2,39	Schwefel	14,47
Antimon	3,19	Antimon	16,34
Blei	5,13	Arsenik	28,00
Kupfer	1,33	Nickel	27,04
		Kobalt	1,60
Eisen	0,10	Eisen	0,41
	12,14		87,86.

Oder dieser Rest besteht in 100 Th. aus:

Schwefel	16,47
Antimon	18,60
Arsenik	31,87
Nickel	30,77
Kobalt	1,82
Eisen	0,47
	100.

In diesem Rest verhalten sich die Aequivalente von Antimon (Arsenik), Schwefel und Nickel (Kobalt, Eisen) = 4,54 : 8,19 : 8,96, d. h. = 1 : 1,8 : 1,97, was dem Verhältnifs von 1 : 2 : 2 so nahe kommt, dafs wir diesen Rest unzweifelhaft als einen Nickelglanz erkennen müssen, der dadurch sich auszeichnet, dafs er eigentlich aus 1 At. Antimon- und 3 At. Arseniknickelglanz besteht, insofern sich die Aeq. von Sb und As = 1,15 : 3,39, mithin fast genau = 1 : 3 verhalten. Die allgemeine Formel würde $Ni\,S^2 + Ni\,(Sb, As)$, die specielle $(Ni\,S^2 + Ni\,Sb) + 3\,(Ni\,S^2 + Ni\,As)$ seyn.

Es entsteht nun die Frage: Soll man das Mineral *A* für

eine chemische Verbindung von Bournonit und Nickelglanz oder für ein bloſses Gemenge halten? Für die letztere Ansicht spricht zunächst der Umstand, daſs die Analysen der minder reinen Proben, welche unstreitig Partikel des Minerals *B* enthielten, indem beide durcheinanderliegen, so abweichende Resultate gegeben haben, worin der Bleigehalt auſserordentlich zunimmt, der Nickelgehalt aber in demselben Grade sich vermindert. Sollte es nicht denkbar seyn, daſs selbst den anscheinend reinen grobblättrigen und würflig spaltbaren Parthieen in der Menge, in welcher sie zu dem Versuche benutzt wurden, doch noch Bournonit (12 Proc.) anhing, wenn man sich vorstellt daſs bei gleichzeitigem Krystallisiren beider Substanzen Bournonitmasse zwischen den Lamellen der Nickelglanzkrystalle eingeschlossen blieb, gleich der Mutterlauge in Krystallen überhaupt? Wenn man es auch nicht unwahrscheinlich findet, daſs ein Schwefelsalz, wieder Bournonit, also eine Verbindung zweiter Ordnung, sich mit Nickelglanz, einer Verbindung erster Ordnung (da Schwefel, Arsenik und Antimon als Vertreter gedacht werden müssen) vereinigen könne, da solche Fälle existiren, so zeigt doch die Analyse, daſs bei dem Verhältniſs des Schwefelgehalts beider Körper von 1:6 die Verbindung aus 1 At. Bournonit und 13½ oder 54 At. Nickelglanz bestehen würde, je nachdem man für letzteren die allgemeine oder specielle Formel setzt, was in jedem Fall nicht anzunehmen ist.

Andererseits ist der mineralogische Charakter unseres Minerals von der Art, daſs man die oben geäuſserte Vermuthung einer Einmengung von etwas Fremdartigen eben nur für eine Hypothese ausgeben darf, der die mineralogische Untersuchung nicht günstig ist. Wie leicht einzusehen, würde jeder Zweifel schwinden, wenn es gelänge, nur deutliche Krystalle zu analysiren, was indessen bei ihrer groſsen Seltenheit und geringen Gröſse nicht thunlich ist.

Das Mineral B, welches wir vorläufig *Nickelbournonit* genannt haben, bietet durch seine körnige Textur allerdings eringere Garantieen für seine Eigenthümlichkeit dar. Gehen

wir auch hier in der Hauptanalyse von dem Bleigehalt aus, und nehmen den 1,74 Proc. betragenden Verlust als Arsenik, so haben wir:

Bournonit.		Rest.		oder:
Schwefel	16,55	Schwefel	3,32	20,79
Antimon	22,11	Antimon	2,17	13,60
Blei	35,52	Arsenik	4,96	31,05
Kupfer	9,06	Nickel	5,47	34,25
Eisen	0,79	Eisen	0,05	0,31
	84,03		15,97	100.

Die Zusammensetzung dieses Restes weicht nur im Schwefel- und Antimongehalt von dem in *A* berechneten ab, was jedoch, wenn man die unvermeidlichen Fehler so complicirter Analysen berücksichtigt, nicht sehr auffallen dürfte. Deshalb verhalten sich auch die Aequivalente von Antimon (Arsenik), Schwefel und Nickel = 4,14 : 10,34 : 9,37 = 1 : 2,5 : 2,26, und die von Antimon und Arsenik = 0,84 : 3,3 = 1 : 4.

Wir können also auch hier entweder ein Gemenge oder eine Verbindung von Bournonit und Nickelglanz sehen, wobei dieselben Gründe wie bei *A* für die eine oder andere Annahme sprechen. Als chemische Verbindung gedacht, würde das Mineral, da die Schwefelmengen des Bournonits und Nickelglanzes sich wie 5 : 1 verhalten, aus 5 At. von jenem und 18 At. von diesem bestehen.

Wenn nun auch die Thatsachen uns nicht erlauben, in der Deutung der Resultate der mineralogischen und chemischen Untersuchung dieser Substanzen einen Schritt weiter zu gehen, so sey es uns doch gestattet, den Gegenstand von einem anderen Gesichtspunkte aus zu betrachten, und die eigenthümlichen Ergebnisse darzulegen, welche vielleicht Beachtung verdienen.

Wählen wir zuerst das körnige Mineral *B*, welches wir vorläufig als *Nickel-Bournonit* bezeichneten, so stehen in

unserer Analyse die Bestandtheile in folgendem atomistischen (Aequivalent-) Verhältnisse:
S = 9,9 Sb = 1,6 As = 0,36 Pb = 2,74 Cu = 2,3 Ni (Co) = 1,5 Fe = 0,24.

Die Summe der Aeq. der elektropositiven Metalle, von Blei, Kupfer, Nickel, Eisen ist folglich = 6,78; die der elektronegativen Stoffe, des Schwefels, Antimons und Arseniks = 11,86; das Verhältnifs beider zu einander ist mithin = 1 : $1\frac{3}{4}$.

Es darf wohl angenommen werden, dafs Antimon und Arsenik, die isomorph unter sich sind, unter Umständen es auch mit dem Schwefel sind. Isomorphie ist aber eine Folge von Gleichheit oder Proportionalität der Atomvolume der Körper. Nun ist das Atomvolum des Schwefels etwa = 100, das des Arseniks = 165, das des Antimons = 236, das Verhältnifs mithin = $1\frac{1}{3}$: 2 : 3 = 4 : 6 : 9, woraus folgt, dafs 3 At. Schwefel die Stelle von 2 At. Arsenik [1]), 9 At. Schwefel die von 4 At. Antimon, 3 At. Arsenik, die von 2 At. Antimon vertreten können.

Verwandeln wir nun in der Analyse die Aeq. von den beiden elektronegativen Metallen in die von Schwefel, so haben wir

1,6	Aeq. Antimon	= 3,6	Aeq.	Schwefel
0,36	- Arsenik	= 0,54	-	-
	Dazu	9,9	-	-
	zusammen	14,04	-	-

Es verhalten sich demnach die Aequivalente der elektropositiven Metalle und des Schwefels = 6,78 : 14,04 = 1 : 2,07, d. h. fast genau wie 1 : 2, *so dafs das Mineral ganz einfach als RS^2 betrachtet werden kann*, worin ein Theil Schwefel durch Antimon und Arsenik ersetzt ist.

Nehmen wir nun den Bournonit, dessen Formel uns zeigt, dafs er aus 6 At. Kupfer, 6 At. Blei, 3 At. Antimon und 18 At. Schwefel besteht. Die Summe der Aeq. der elektropositiven Metalle ist also 12, die des Schwefels und Antimons = 21, das Verhältnifs beider mithin = 1 : $1\frac{3}{4}$,

1) Atom hier wie immer gleich Aequivalent.

d. h. genau ebenso, wie bei unserem Mineral, und wenn die 3 Aeq. Antimon in die stellvertretenden $6\frac{3}{4}$ Aeq. Schwefel verwandelt werden, so ist das Verhältnifs = $12 : 21\frac{3}{4}$ = $1 : 2{,}06$, d. h. genau wie bei unserem Mineral, so dafs auch der Bournonit als ein Schwefelmetall RS^2 gedacht werden kann, dessen Schwefel theilweise durch Antimon vertreten wird.

Das Atomvolum des Bournonits erhalten wir, wenn wir das Atg. = 18601 durch sein spec. Gewicht dividiren. Diefs letztere variirt im Ganzen (nach den im Vorigen mitgetheilten Bestimmungen) von 5,7 bis 5,85, so dafs also auch der Werth des Atomvolums, wie überhaupt, kein absoluter ist, sondern folgende Gröfsen darstellt:

	Spec. Gewicht.	Atomvolum.
	5,70	3263
	5,75	3235
	5,80	3207
	5,85	3180
Mittel	5,775	3221

Unser Mineral nun, wenn man die Aeq. seiner Bestandstandtheile auf 12 At. der elektropositiven und 21 At. der elektronegativen Bestandtheile berechnet, wie sie in 1 At. Bournonit enthalten sind, giebt folgendes Resultat:

	Aeq.		
Blei	4,85	=	6278,325
Kupfer	4,07	=	1610,501
Nickel	3,08	=	1138,583
	12.		
Antimon	2,83	=	4564,507
Arsenik	0,64	=	601,512
Schwefel	17,53	=	3519,147
	21.		17712,574.

Das spec. Gew. ist im Mittel = 5,558, das Atomvolum folglich = 3187.

Die Atomvolume unseres Nickelglanzes und des Bournonits sind folglich gleich (genauer verhalten sie sich wie 1 : 1,01).

Was nun das Mineral *A*, unseren Bournonit-Nickelglanz, betrifft, so sind die relativen Aequivalente nach der Analyse folgende:

Schwefel			8,39
Antimon	1,21		4,21
Arsenik	3,00		
Nickel	7,76		8,47.
Kobalt			
Blei	0,39		
Kupfer	0,17		
Eisen	0,15		

Die Zahlen 8,39 : 4,21 : 8,47 sind aber = 1,99 : 1 : 2,01, d. h. = 2 : 1 : 2, wie in jedem Nickelglanz, so dafs man das Mineral als einen solchen betrachten könnte, worin die elektropositiven Metalle Ni, Co, Pb, Cu, Fe wären, wobei Antimon und Arsenik in dem Verhältnifs von 2 : 5 vorhanden sind.

Wollen wir auch hier die Atomvolume dieses Erzes und des Bournonits vergleichen, und berechnen wir nach Anleitung der relativen Aequivalentmengen das Atomgewicht von jenem, so finden wir dasselbe = 15789,4. Sein spec. Gew. hatte sich im Mittel = 5,67 ergeben, wonach sein Atomvolum = 2784 seyn würde. Da nun das des Bournonits = 3226 ist, so stehen beide in dem Verhältnifs von 1 : 1,16, sind sich mithin einander ziemlich gleich, gerade wie diefs bei unserem Nickelbournonit der Fall war.

Mag man nun über die Natur dieser beiden Erze eine Ansicht haben, welche man wolle, so bleibt es doch in jedem Fall sehr bemerkenswerth, dafs bei ihnen zwischen der Summe der Aeq. der elektropositiven und negativen Bestandtheile genau dasselbe Verhältnifs obwaltet, wie beim Bournonit, nämlich das von 1 : $1\frac{3}{4}$, und dafs die Atomvolume dieser drei Substanzen so nahe gleich grofs sind.

X. Arseniksilber.

Auf den Gruben Samson, Neufang und Abendröthe zu St. Andreasberg bricht das Arseniksilber, welches Werner

zuerst nach dem Vorkommen von Casaglia bei Guadalcanal in Spanien bestimmt hat. Die meisten Mineralogen haben indessen seine Selbstständigkeit in Zweifel gezogen, und noch neuerlich hat Hausmann das Andreasberger Fossil für ein Gemenge von Antimonsilber, gediegen Arsenik und Arsenikalkies (Arsenikeisen) erklärt [1]).

Die von Werner entworfene Charakteristik entspricht fast durchgängig dem Arseniksilber von der Grube Samson, welches sich folgendermafsen verhält:

Farbe zinnweifs; läuft leicht an; derb und klein nierenförmig, auch dendritisch in Kalkspath eingewachsen, in kleinen cylindrischen Aesten, welche ziemlich glatt sind, unter der Lupe aber mit Krystallanfängen bedeckt erscheinen, und sich lange weifs erhalten. Auch im Kalkspath kommen nierenförmige Parthieen vor, welche ganz mit unbestimmbaren tafelartigen Krystallen bekleidet sind. Bruch uneben, von feinem Korn, ins Blättrige. Schalig abgesondert. Strich schwarz (nach Werner bleibt der Glanz durch den Strich unverändert). Härte 3,5. Das specifische Gew. fand sich = 7,473.

Löthrohrverhalten: In einer offenen Röhre giebt das Mineral ein weifses und ein schwarzes Sublimat und starken Arsenikgeruch. Auf Kohle verhält es sich ebenso, raucht stark, schmilzt aber nicht. Mit Soda behandelt, giebt es Metallkörner von silberweifser Farbe.

Von Salpetersäure wird es lebhaft angegriffen; nach dem Erhitzen bleibt ein gelbliches, in Chlorwasserstoffsäure vollständig auflösliches Pulver zurück, dessen Auflösung durch Wasser gefällt wird, und Antimon und Arsenik enthält. Aus der salpetersauren Auflösung setzen sich beim Stehen Krystalle von arseniger Säure ab; sie enthält Arsenik, Antimon, Silber und viel Eisen.

Unter dem Namen Arseniksilber sind von Klaproth [2])

1) Hausmann Handb. der Mineralogie, 2. Ausgabe, II. Th. Seite 59, Göttingen 1847.

2) Beiträge z. chem. Kenntn. d. Min. Bd. 1, S. 183.

und **Du Menil**[1]) Substanzen mit folgenden Resultaten analysirt worden:

	Klaproth.		Du Menil.
Arsenik	35,00		38,29
Antimon	4,00		—
Silber	12,75		6,56
Eisen	44,25		38,25
	96,00	Schwefel	16,87
			99,97.

Wenn man nun auch, was doch sicherlich nicht der Fall ist, die von diesen Chemikern angewandten Trennungsmethoden für genau halten wollte, so bleibt es doch sehr zu bezweifeln, daſs dieselben das wahre Arseniksilber in reinem Zustande vor sich hatten.

Die von uns zur Analyse benutzten Proben waren durch verdünnte Säure von anhängendem Kalkspath befreit, und sodann mittelst der Lupe von allem Fremdartigen gesondert worden. Zu jeder Analyse wurde eine neue Probe angewandt.

	a.	b.	c.
Schwefel	0,85		1,10
Arsenik	49,10		
Antimon	15,46		15,43
Silber	8,88	8,81	8,24
Eisen	24,60	21,33	
	98,89.		

Eine quantitative Löthrohrprobe gab 9 Proc. Silber.

Die physikalischen Eigenschaften des Erzes berechtigen durchaus nicht, dasselbe für ein Gemenge zu halten. Mit der Lupe erkennt man nirgends etwas Heterogenes, und die Analysen verschiedener Parthieen (von grobem Pulver, wie von gröſseren Bruchstücken) zeigen einen so constanten Gehalt, insbesondere an Silber, daſs wir uns nicht der Meinung derer anschlieſsen können, welche das Arseniksilber für ein Gemenge halten. Freilich ist die Mischung eigenthümlicher Art.

1) Schweigg. Journ. Bd. 34, S. 357.

Verwandelt man in der Analyse *a* die Aeq. des Schwefels und Antimons in die von Arsenik (3 S = 2 As; 2 Sb = 3 As) so verhält sich das Aeq. des Arseniks zu dem der beiden elektropositiven Metalle wie 6,94 : 7,69 = 1 : 1,1, d. h. fast wie 1 : 1, so dafs das Ganze als R As betrachtet werden kann.

Silber und Eisen unter sich stehen in dem Atomverhältnifs von 1 : 11. Das in dieser Verbindung enthaltene Antimonsilber hat freilich nicht die Zusammensetzung des krystallisirten von demselben Fundorte, welches bekanntlich Ag^4 Sb ist.

Geht man andererseits, in der freilich nicht im mindesten wahrscheinlicheren Annahme, dafs das untersuchte Mineral aus mehreren einzelnen bestehe, davon aus, dafs diese letzteren Arsenikkies, Arsenikeisen und Antimonsilber seyen, so erhält man folgendes Resultat:

Arsenikkies = Fe S^2 + Fe As.

Schwefel	0,85
Arsenik	2,00
Eisen	1,48
	4,33.

Arsenikeisen = $Fe^4 As^3$

Arsenik	47,10	= 67,07
Eisen	23,12	= 32,93
	70,22	100.

Antimonsilber = $Ag^2 Sb^3$.

Antimon	15,46	= 63,52
Silber	8,88	= 36,48
	24,34	100.

$Fe^4 As^3$, d. h. das Mineral von Reichenstein etc., besteht, der Rechnung zufolge, aus 66,8 As und 33,2 Fe und $Ag^2 Sb^3$ aus 64,19 Sb und 35,81 Ag. Will man diese Verbindungen in unserem Mineral als präexistirend annehmen, so wird dasselbe ziemlich genau durch

$$(Fe\,S^2 + Fe\,As) + 5\,(5\,Fe^4\,As^3 + Ag^2\,Sb^3)$$

bezeichnet.

XI. Wollastonit.

Wir sind im Stande, das Vorkommen dieses Minerals am Harze nachzuweisen. Hr. **Hartig** in Braunschweig fand

es unter den Gesteinen des Gabbro von Harzburg, und man hielt es anfänglich für Tremolith.

Es bildet weifse seidenglänzende blättrige und strahlige Massen, und zertheilt sich leicht in feine Nadeln. Seine Härte ist 4,5. Es wird von Hornblende begleitet.

Die Analyse gab:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	53,01		27,53
Kalkerde	44,91	12,77	13,18
Talkerde	1,04	0,41	
Eisen- u. Manganoxyd, Thonerde	Spuren		
Glühverlust	1,59		
	100,55.		

Es ist also Kalkbisilikat, $\dot{C}a^3 \dddot{S}i^2$.

XII. **Strontian-Schwerspath von Görzig bei Cöthen.**

Schon in dem Bericht über die Verhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins des Harzes vom Jahre 1845 — 46 (S. 26) ist erwähnt, dafs Hr. Rath Krause in Cöthen uns einen strontianhaltigen Schwerspath auf dichtem Mergelkalkstein zugesandt habe, welcher in einem auf Braunkohlen abgetäuften Schachte bei Görzig vorgekommen ist. Die Analyse dieses Minerals, welches 15,12 Proc. schwefels. Strontian enthält, das Maximum, welches bisher gefunden wurde, hat Einer von uns gleichfalls schon früher mitgetheilt [1]). Hier nur noch einige Worte über sein Vorkommen und seinen mineralogischen Charakter.

Etwa 50 — 55′ unter der Oberfläche findet sich jener dichte Kalkstein, 1 — 1½′ mächtig. Sein Dachgebirge ist Dammerde, sandiger Lehm, Sand und Thon; sein Sohlengebirge Thon und Braunkohle. Auf den Klüften dieses lichtgrauen Kalksteins findet sich das Mineral in Krystallen, und, wie der Cölestin von Nordheim, in excentrisch strahligen Massen.

Härte 3. Farbe bräunlich gelb, in dünnen Blättchen

1) Pogg. Ann. Bd. 68, S. 514.

fast durchsichtig und wasserhell. Strich weifs. Die Krystalle, wegen Krümmung der Flächen nicht genau mefsbar, sind lang gezogene Prismen vom Habitus der gewöhnlichen Schwerspathformen. Spaltbar am vollkommensten parallel der geraden Endfläche. Spec. Gew. = 4,488.

VI. *Ueber die chemische Zusammensetzung der Knochen; von W. Heintz.*

Die Knochen sind vielfältig schon Gegenstand chemischer Untersuchungen gewesen. Dennoch tauchen von Zeit zu Zeit über die Zusammensetzung selbst der unorganischen Bestandtheile derselben sehr verschiedene Ansichten auf. Erst vor nicht all zu langer Zeit hat Rees [1]) die früher allgemein angenommene Anwesenheit des Fluors in denselben geleugnet. Allein bald nachher ist von Frerichs [2]) und Erdmann [3]) durch entscheidende Versuche die Gegenwart dieses Elements in den Knochen von Neuem dargethan worden. Ich selbst habe bei Gelegenheit der folgenden Untersuchung mehrfach das Fluor darin nachgewiesen.

Ueber die Zusammensetzung der in den Knochen vorhandenen phosphorsauren Kalkerde herschen bis diesen Augenblick noch Zweifel, welche zu heben der Hauptzweck dieser Arbeit ist. Den ersten Versuch, die Zusammensetzung derselben zu ermitteln, hat Berzelius [4]) gemacht. Er nahm zwei gleiche Mengen Knochen, löste den einen Theil in einem zur Bestimmung der Kohlensäure geeigneten Apparate in Salpetersäure auf, brannte den anderen weifs, löste den Rückstand in Salzsäure, fällte die Lösung durch einen Ueberschufs an kaustischem Ammoniak, und erhielt nun in

1) *The Athenaeum* 1839 *p.* 675. Berz. J. Bericht Bd. 20, S. 578.
2) Ann. der Chem. und Pharm., Bd. 43, S. 251. Berz. J. Bericht., Bd. 23, S. 615.
3) J. f. pract. Chemie, Bd. 19, S. 446.
4) Gilbert's Ann., Bd. 53, S. 420.

dem Filtrat durch kohlensaures Kali einen Niederschlag von kohlensaurem Kalk, der genau so viel wog, dafs die darin enthaltene Kohlensäuremenge eben so viel betrug, als die durch den directen Versuch gefundene. Berzelius schliefst aus dem Resultate dieses Versuchs, dafs die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen dieselbe Zusammensetzung haben müsse, wie in dem durch Ammoniak aus der salzsauren Lösung der Knochenerde erhaltenen Niederschlage. Dieser besteht aber nach ihm, wenn er geglüht ist aus drei Atomen Phosphorsäure und acht Atomen Kalkerde, was er jedoch nicht durch directe Versuche ermittelt hat, sondern daraus schliefst, dafs nach seinen Analysen der durch Ammoniak aus der Lösung eines phosphorsauren Kalksalzes, welches etwas mehr Kalk enthält, als der Formel $\dddot{P}\,\dot{Ca}^2$ entsprechen würde, oder der durch einen starken Ueberschufs von phosphorsaurem Natron aus der Lösung eines Kalksalzes in Wasser gefällte Niederschlag auf drei Atome der Säure acht Atome Basis enthält.

Nun hat aber Rammelsberg [1]) nachgewiesen, dafs wenn eine Phosphorsäure enthaltende Lösung durch eine Mischung von Chlorcalcium und Ammoniak vollständig gefällt wird, sich eine Verbindung niederschlägt, die zwar nicht stets von ganz gleicher Zusammensetzung erhalten wird, die aber im Mittel von 14 Versuchen nur 45,71 Proc. Phosphorsäure enthält, während die von Berzelius untersuchte Verbindung 48,8 Proc. davon enthalten müfste. Es scheint daher, als wenn in dem Falle, dafs mehr Kalkerde in der Flüssigkeit, aus welcher durch Ammoniak phosphorsaurer Kalk gefällt wird, vorhanden ist, als zur vollständigen Sättigung der Phosphorsäure nothwendig ist, diejenige Verbindung sich niederschlägt, welche auf einen Atom der Säure drei Atome der Basis enthält.

Dieser Fall tritt nun wegen der in den Knochen enthaltenen kohlensauren Kalkerde offenbar ein, wenn eine Auflösung der Knochenerde in Salzsäure durch Ammoniak gefällt wird; in der davon abfiltrirten Flüssigkeit ist, wie

1) Pogg. Ann. Bd. 64. S. 420.

aus Berzelius's eigenen Versuchen hervorgeht noch Kalkerde enthalten. Wenn demnach der durch Ammoniak bei dem oben beschriebenen Versuche gefällte Niederschlag wahrscheinlich nach der Formel $\dddot{P}\,\dot{C}a^3$ zusammengesetzt war, so kann aus diesem Versuche gerade das geschlossen werden, was Berzelius selbst später noch so vielfach bestreitet, dafs nämlich die phosphorsaure Kalkerde der Knochen auch nach jener Formel zusammengesetzt ist.

Es haben nämlich einige andere Chemiker die Ansicht geäufsert, es möchte diese Formel für die phosphorsaure Kalkerde der Knochen wohl die richtigere seyn, ohne sie jedoch durch Versuche zu rechtfertigen. So Marchand [1]) in seiner Arbeit über die chemische Zusammensetzung der Knochen. Boussingault [2]) berechnet seine Analysen der Knochen des Schweins, welche er zum Zweck der Untersuchung über die Entwickelung des Knochensystems dieses Thiers angestellt hat, mit der Voraussetzung, dafs die darin enthaltene phosphorsaure Kalkerde gemäfs der Formel $\dddot{P}\,\dot{C}a^3$ zusammengesetzt sey. Berzelius wirft aber diesen Chemikern in seinem Jahresbericht mit Recht vor, dafs sie einen Zweifel an der Richtigkeit eines durch Analysen ermittelten Resultates verbreitet hätten, ohne durch Versuche ihre Ansicht zu bestätigen. v. Bibra bemerkt in seinem Werk „Chemische Untersuchungen über die Knochen und Zähne des Menschen und der Wirbelthiere" (S. 93), dafs die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen aller Thiere, die er zu untersuchen Gelegenheit fand, stets nach der Formel $\dddot{P}^3\,\dot{C}a^8$ zusammengesetzt sey; aus der Methode, welche er bei seinen Untersuchungen anwendete (S. 117) geht aber hervor, dafs seine Analysen hierüber gar keinen Schlufs gestatten, da er die Phosphorsäure nicht direct bestimmt, sondern nur nach Abzug einer den gefundenen Kohlensäuremengen entsprechenden Quantität Kalk den Rest des Kalks

1) J. f. pract. Chem. Bd. 27. S. 83; Berz. J. Bericht 23. S. 612.
2) *Ann. de Chim. et de Phys. XVI. pag.* 486; Berz. J. Bericht 27. S. 564.

als phosphorsaure Kalkerde gemäſs der Formel $\dddot{P}^3\,\dot{C}a^8$ berechnet hat.

Mitscherlich beschreibt in seinem Lehrbuch (Bd. 2. S. 121) fast genau denselben Versuch, den Berzelius angestellt hat, nur daſs nach ihm zur Kohlensäurebestimmung nicht die frischen, sondern die gebrannten Knochen verwendet werden sollen, und daſs er nach Fällung des phosphorsauren Kalks durch Ammoniak nicht mit kohlensaurem, sondern mit oxalsaurem Kali niederschlagen läſst. Der Schluſs aber, den er aus dem Resultate desselben zieht, ist ein ganz anderer als der, zu welchem Berzelius durch seinen Versuch geführt wurde. Er schlieſst nämlich, daſs, weil die Menge Kalk, welche durch oxalsaures Kali aus der Lösung der gebrannten Knochen, aus der durch Ammoniak die phosphorsaure Kalkerde und Talkerde gefällt ist, niedergeschlagen wird, der Menge der aus denselben erhaltenen Kohlensäure aequivalent ist, der phosphorsaure Kalk in den Knochen nach der Formel $\dddot{P}\,\dot{C}a^3$ zusammengesetzt seyn müsse. Die genauen Data seiner Versuche giebt Mitscherlich jedoch nicht an.

Von Untersuchungen über die Zusammensetzung des phosphorsauren Kalks in den Knochen ist hiernach allein die von Berzelius ausführlich bekannt, welche jedoch aus dem weiter oben schon angeführten Grunde vielleicht das Gegentheil von dem beweiſst, was er daraus schlieſst. Ich hielt es daher für wichtig, diesen Gegenstand einer neuen Untersuchung zu unterwerfen, und bei derselben alle Vorsichtsmaſsregeln anzuwenden, welche die Richtigkeit der Resultate gewährleisten muſsten.

Deshalb verfuhr ich auf folgende Weise: die compactesten Stücke ganz frischer Röhrenknochen wurden sorgfältig von der Knochenhaut, sowie von allem äuſserlich anhängenden Fett befreit, und darauf vielfach mit Flieſspapier umwickelt auf einem Amboſs mittelst eines Hammers zerschlagen. Zur Untersuchung suchte ich möglichst kleine, etwa linsengroſse Stücke aus, die in einem Beutel von feinem Leinen in ein mit destillirtem Wasser gefülltes hohes

Cylinderglas so gehängt wurden, dafs sie nur eben untergetaucht waren. Nach 24 Stunden wurde frisches Wasser aufgegossen, und dasselbe nach abermals 24 Stunden wiederholt. Nach wieder 24 Stunden wurden sie ausgeprefst, und bei mäfsiger Wärme getrocknet. Durch diese Operation hoffte ich in den Knochen etwa vorhandenes phosphorsaures Natron oder Kali, dessen Gegenwart das Resultat des ferneren Versuchs modificiren mufste, zu entfernen, zugleich aber es möglich machen zu können, darüber zu entscheiden, ob die geringe Menge des von anderen Chemikern in den Knochen vorgefundenen Eisens wesentlich ihnen, oder nur dem darin enthaltenen Blutroth zukomme. Denn durch diese Behandlung der Knochen mit Wasser mufste neben den löslichen Salzen auch dieses ausgezogen und entfernt werden.

Die nun getrockneten Knochen wurden einige Stunden bis 150° C. erhitzt, bei welcher Temperatur sie weder Geruch verbreiten noch die Farbe verändern, worauf sie sich mittelst eines Stahlmörsers leicht so weit zerkleinern lassen, dafs sie durch feine Leinwand gesiebt werden können. Das feine Pulver wurde darauf so lange bis 150° C. erhitzt, bis es nicht mehr an Gewicht abnahm, und in zwei Portionen gewogen.

Der eine Theil wurde in einem Glaskölbchen mit etwas Wasser angeschüttelt. Darauf brachte ich in denselben ein mit Salzsäure gefülltes Röhrchen, welches so gestellt wurde, dafs die darin enthaltene Flüssigkeit durch Neigen des ganzen Apparates ausfliefsen konnte, und verschlofs ihn durch einen ein Chlorcalciumrohr tragenden Kork, der mit Siegellack sorgfältig eingekittet wurde.

Nachdem dieser Apparat eine Stunde auf der Waage gestanden hatte, wurde er gewogen. Darauf geschah die Mischung der Säure mit dem in Wasser aufgeschwemmten Knochenpulver. Nachdem dann an das Chlorcalciumrohr zur Vermeidung der Gewichtszunahme des Apparates durch Aufnahme von Wasser aus der Luft ein zweites Chlorcalciumrohr befestigt worden war, wurde das Kölbchen bis

nahe zum Kochen erwärmt, und durch Saugen der Austausch der Gasarten befördert, welches letztere in Zwischenzeiten von einigen Stunden noch einige Male wiederholt wurde. Der Apparat wurde darauf gewogen.

Als die Erwärmung des Kölbchens und das Aussaugen des Apparates auf dieselbe Weise nochmals wiederholt wurde, fand sich, dafs das Gewicht desselben noch um einige Milligramme abgenommen hatte, und diese Gewichtsabnahme fand stets statt, wie oft ich auch diese Operation wiederholen mochte.

Ich glaubte anfänglich, dafs dieser Umstand von dem Entweichen von etwas Salzsäure abzuleiten sey. Deshalb wendete ich bei dem zweiten, dritten und vierten Versuche statt jener Säure Phosphorsäure an, ohne jedoch ein anderes Resultat zu erzielen.

Dadurch war dieser Umstand nicht zu erklären, dafs etwa in den untersuchten Knochen noch Chlormetalle enthalten waren, denn ein besonderer Versuch hatte mich gelehrt, dafs sie von diesen Verbindungen gänzlich frei waren. Es bleibt daher nichts übrig, als anzunehmen, dafs die durch die zugesetzte Säure freigemachte Flufssäure, indem sie auf das Glas einwirkt und Fluorkiesel und dadurch wieder, bei Gegenwart von Wasser, Kieselfluorwasserstoffsäure bildet, welche mit den Wasserdämpfen, wenn auch nur wenig, flüchtig ist, einen allmäligen Verlust veranlafste, oder dafs durch die Einwirkung der sauren Flüssigkeit auf die Gelatina der Knochen allmälig Gase entwickelt werden, durch deren Entweichen eine fortdauernde Gewichtsabnahme stattfindet. Da es nun bekannt ist, dafs die Kohlensäure aus einem Apparate wie der beschriebene, leicht und schnell ausgetrieben werden kann, so habe ich stets die erste Wägung als die richtige angesehen. Aber auch sie mufs ein etwas, wenn auch unbedeutend, zu hohes Resultat ergeben, da neben der Kohlensäureentwicklung zugleich eine zweite Ursache für die Gewichtsabnahme des Apparates stattfand.

Die zweite Portion des Knochenpulvers wurde in einem geräumigen Platintiegel bei möglichst gelinder Wärme verkohlt,

kohlt, die Kohle aber nicht sogleich verbrannt, um die etwa mögliche Zersetzung der phosphorsauren Kalk- oder Talkerde der Knochen durch Einwirkung der Kohle zu verhindern, sondern mit heifser Salzsäure ausgezogen. Die rückständige Kohle hinterliefs beim Verbrennen im Sauerstoffstrom niemals eine wägbare Menge Asche. Der salzsaure Auszug wurde in einer Platinschale bis zur Entfernung des gröfsten Theils der überschüssigen Salzsäure eingedampft, mit kohlensaurem Natron übersättigt, und zur Trockne gebracht, worauf die rückständige Salzmasse über einem Spiritusgebläse zusammengeschmelzt wurde. Diese Operation war nothwendig, weil für den Fall der Richtigkeit von Berzelius's Angabe durch das Glühen der Knochen eine geringe Menge Pyrophosphorsäure hätte gebildet seyn können, welche bekanntlich nicht anders vollständig in die gewöhnliche Modification übergeführt werden kann, als durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron, und die doch in die gewöhnliche Modification der Phosphorsäure umgewandelt werden mufs, wenn sie durch Magnesia und Ammoniak vollständig fällbar seyn soll.

Die geschmolzene Masse wurde darauf in Wasser und Salzsäure gelöst, mit Ammoniak im Ueberschufs versetzt und der dadurch entstandene Niederschlag in möglichst wenig Essigsäure gelöst. Nur bei zwei Analysen erhielt ich eine vollständige Lösung, bei den übrigen blieb ein gröfserer oder geringerer Rückstand, welcher abfiltrirt, geglüht und gewogen wurde. Er konnte nach dem Glühen aus pyrophosphorsaurer Kalkerde ($\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\,Ca^2$) und vielleicht etwas phosphorsaurem Eisenoxyd bestehen. In einem dieser Fälle, wo die Menge desselben nur sehr gering war, wurde er in Salzsäure gelöst, und die Lösung mit Ammoniak im Ueberschufs und etwas Schwefelammonium versetzt. Es konnte aber niemals eine schwarze oder auch nur grünliche Färbung der Flüssigkeit bemerkt werden, woraus die gänzliche Abwesenheit des Eisens in den mit Wasser ausgelaugten Knochen hervorgeht. In dem Falle dagegen, wo die Menge des nicht gelösten phosphorsauren Kalks gröfser

war, löste ich ihn in Salzsäure auf und fällte mit Schwefelsäure und Alkohol den Kalk, welcher filtrirt, mit Spiritus gewaschen, geglüht und gewogen wurde. Es fand sich, dafs der Niederschlag genau so viel Kalk enthielt, als der pyrophosphorsauren Kalkerde entspricht, und weder in ihm noch im Filtrat war durch Ammoniak und Schwefelammonium Eisen zu entdecken.

Die Essigsäurelösung wurde mit oxalsaurem Kali vollständig gefällt, der Niederschlag nach 24 Stunden abfiltrirt, ausgewaschen, auf die bekannte Weise in kohlensauren Kalk umgewandelt und gewogen. Durch einen besonderen Versuch hatte ich mich vorher überzeugt, dafs eine mit Essigsäure schwach sauer gemachte Lösung eines Kalksalzes, wenn sie mit überschüssigem oxalsauren Kali 24 Stunden hingestellt wird, nach dem Filtriren durch Ammoniak selbst nach nochmals 24 Stunden keine Spur eines Niederschlages absetzt, dafs also auf die oben angegebene Weise wirklich aller Kalk gefällt werden mufs.

Die vom oxalsauren Kalk abfiltrirte Flüssigkeit wurde darauf mit Ammoniak im Ueberschufs versetzt, wodurch die in den Knochen enthaltene Talkerde als phosphorsaure Ammoniak-Talkerde gefällt wurde. Der Niederschlag wurde auf die bekannte Weise als pyrophosphorsaure Magnesia zur Wägung gebracht, und endlich die im Filtrat enthaltene Phosphorsäure durch schwefelsaure Magnesia und Ammoniak gefällt, und gleichfalls als pyrophosphorsaure Talkerde gewogen.

Nach dieser Methode erhielt ich die folgenden Resultate.

1. Ochsenknochen.

Zu der Untersuchung derselben wurde der compacteste Theil vom Femur eines Ochsen gewählt.

2,679 Grm. des bei 150° C. getrockneten Pulvers desselben lieferten mit Salzsäure 0,083 Grm. Kohlensäure.

Gleichfalls 2,679 Grm. dieser Knochen lieferten 1,792 Grm. kohlensauren Kalk, entsprechend 1,0035 Grm. Kalkerde, 0,071 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde, entsprechend

0,026 Grm. Talkerde und 0,045 Grm. Phosphorsäure, endlich 1,108 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde entsprechend 0,7021 Grm. Phosphorsäure.

Diese Knochen bestanden daher in 100 Theilen aus:

Kalkerde	37,46
Talkerde	0,97
Phosphorsäure	27,89
Kohlensäure	3,10
Verlust organische Substanz, Fluor, Wasser	30,58
	100.

Wenn nun die gefundenen Basen an die Säuren vertheilt werden sollen, um so die Menge der in den Knochen vorhandenen Salze zu finden, will ich von der weiter unten zu begründenden Ansicht ausgehen, dafs die phosphorsaure Kalkerde derselben nach der Formel $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\,\dot{Ca}^{3}$ zusammengesetzt sey. Die Kohlensäure soll der herrschenden Ansicht gemäfs an Kalk gebunden angenommen werden. Die Talkerde mufs dann an Phosphorsäure gebunden gewesen seyn, und es fragt sich nur, ob sie als der Formel $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\,\dot{Mg}^{2}$ oder $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\,\dot{Mg}^{3}$ gemäfs zu berechnen seyn wird. Die erstere Verbindung ist bekanntlich in Wasser ziemlich auflöslich, während die letztere fast unlöslich ist. Da sie nun durch Wasser aus den Knochen nicht hat ausgewaschen werden können, so kann nur letztere darin angenommen werden.

Wollte man aber auch die Talkerde nicht als phosphorsaures sondern als kohlensaures Salz in Rechnung ziehen, so würde dennoch das Hauptresultat, welches aus diesen Versuchen gezogen werden wird, nämlich dafs die Menge der Basen gröfser ist, als zur Sättigung der Phosphorsäure und Kohlensäure hinreicht, keine Veränderung erleiden; denn, da sich diese Verbindung aus einer nicht kochenden, stets Kohlensäure im Ueberschufs enthaltenden Flüssigkeit abgesetzt haben müfste, so würde sie gleich wie die kohlensaure Kalkerde als neutrales Salz darin enthalten seyn. Ist demnach die Menge der Basen so grofs, dafs, wenn die Kohlensäure als neutrales Salz und die Phosphorsäure als

drei Atome fixer Basis bindend verrechnet wird, kein Ueberschufs an Säure, sondern vielmehr ein Ueberschufs an Basis sich zeigt, wie die Versuche wirklich ergeben, mufs also die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen in demselben Sättigungsgrade angenommen werden, wie die phosphorsaure Talkerde, wenn sie darin vorkommen sollte, so mufs der Ueberschufs an Basis nach der einen Berechnungsweise eben so grofs seyn, wie nach der anderen.

Wenn man daher die Kohlensäure an die Kalkerde gebunden annimmt, und die Magnesia als phosphorsaure Magnesia ($\dddot{P}$ Mg^3) voraussetzt, so ist die Zusammensetzung der untersuchten Knochen folgende:

Kohlensaure Kalkerde	7,07
Phosphorsaure Talkerde ($\dddot{P}$ Mg^3) .	2,09
Phosphorsaure Kalkerde ($\dddot{P}$ Ca^3) .	58,30
Kalkerde	1,96
Organische Substanz etc.	30,58
	100.

2. Hammelknochen.

Zu dieser Analyse wurde der feste Theil des Femur eines Hammels ausgesucht.

2,199 Grm. des bei 150° C. getrockneten Pulvers dieses Knochens lieferten mit Phosphorsäure 0,0677 Grm. Kohlensäure, entsprechend 3,88 Proc.

Aus 2,166 Grm. desselben erhielt ich 1,5473 Grm. kohlensaure Kalkerde (0,8665 Grm. Kalk), 0,0438 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde (0,0278 Grm. Phosphorsäure und 0,016 Grm. Magnesia) und 0,9695 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde, entsprechend 0,6143 Grm. Phosphorsäure.

Demnach war die Zusammensetzung von 100 Theilen dieses Knochens folgende:

Kalkerde	40,00
Talkerde	0,74
Phosphorsäure	29,64
Kohlensäure	3,08
Organische Substanz (Verl.)	26,54
	100

oder wenn man die Magnesia als phosphorsaures Salz ($\dddot{P}\,Mg^3$), die Kohlensäure an Kalkerde gebunden annimmt, folgende:

Kohlensaure Kalkerde . .	7,00
Phosphorsaure Talkerde .	1,59
Phosphorsaure Kalkerde .	62,70
Kalkerde	2,17
Organische Subst. etc. (Verl.)	26,54
	100.

3. Menschenknochen.

Die zu diesen Versuchen verwendete Knochensubstanz war dem mittleren festeren Theile des Oberschenkelknochens einer an *typhus abdominalis* gestorbenen Frau entnommen.

2,059 Grm. derselben gaben mittelst Phosphorsäure 0,0575 Grm. Kohlensäure.

Aus 1,9145 Grm. erhielt ich 1,223 Grm. kohlensaure Kalkerde (entsprechend 0,6849 Grm. Kalkerde), 0,030 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia (entsprechend 0,011 Gramm Talkerde und 0,019 Grm. Phosphorsäure), 0,743 Grm. pyrophosphorsaure Talkerde (entsprechend 0,4708 Grm. Phosphorsäure), endlich 0,092 Grm. pyrophosphorsaure Kalkerde, welche aus 0,0405 Grm. Kalkerde und 0,0515 Grm. Phosphorsäure besteht, Sie lieferte 0,099 Grm. schwefelsaure Kalkerde, welche 0,0408 Grm. Kalkerde enthält.

Hiernach bestanden diese Knochen in 100 Theilen aus:

Kalkerde	37,89
Talkerde	0,57
Phosphorsäure	28,27
Kohlensäure	2,80
Organische Substanz (Verlust)	30,47
	100

oder wenn die Talkerde als phosphorsaures Salz ($\dddot{P}\,Mg^3$) und die Kohlensäure an Kalkerde gebunden in den Knochen angenommen wird, aus:

Kohlens. Kalkerde	6,36
Phosphors. Talkerde ($\dddot{P}$ Mg^3)	1,23
Phosphors. Kalkerde ($\dddot{P}$ Ca^3)	60,13
Kalkerde	1,81
Organische Substanz etc. (Verl.)	30,47
	100.

Da man mir einwenden könnte, dafs selbst schon bei der Temperatur, welche zur vollständigen Verkohlung der Knochen nothwendig ist, eine Zersetzung der Knochenasche, und namentlich ein Verlust an Phosphorsäure stattfinden könnte, so schien es mir wichtig und nothwendig, eine Portion der Knochen, ohne sie zu verkohlen, zur Untersuchung zu verwenden. Zu dem Ende wurde ein Stück desselben Oberschenkels einer Frau, welcher zu der zuletzt erwähnten Analyse verwendet wurde auf die weiter oben beschriebene Weise zerkleinert, und bei 150° C. getrocknet. Zwei Portionen des getrockneten Pulvers wurden zur Kohlensäurebestimmung verwendet, eine dritte mit verdünnter Salzsäure mehrere Tage digerirt. Die Lösung wurde vom Ungelösten abfiltrirt, dieses sorgfältig ausgewaschen, und im Filtrat die Kalkerde, Talkerde und Phosphorsäure wie oben bestimmt. Nach dem Verkohlen des in Wasser nicht gelösten Rückstandes konnte durch Salzsäure keine wägbare Menge feuerbeständiger Bestandtheile ausgezogen werden. Eben so wenig blieb nach Verbrennung der Kohle eine wesentliche Menge derselben zurück.

Herr H. Kern aus Brünn hat diese letztere Untersuchung in meinem Laboratorium mit besonderer Sorgfalt ausgeführt.

2,401 Grm. lieferten mittelst Phosphorsäure zersetzt 0,0685 Grm. Kohlensäure, gleich 2,85 Proc.

2,7645 Grm. gaben auf dieselbe Weise 0,0765 Grm. oder 2,77 Proc., also im Mittel beider Versuche 2,81 Proc. Kohlensäure.

Aus 1,249 Grm. wurden 0,833 Grm. kohlensaure Kalkerde, 0,0045 Grm. pyrophosphorsaure Kalkerde, 0,0195 Grm.

pyrophosphorsaure Magnesia und endlich 0,5282 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia gewonnen. Diese Zahlen führen zu folgender Zusammensetzung der Knochen:

		In 100 Theilen.
Kalkerde	0,4685	37,51
Talkerde	0,0070	0,56
Phosphorsäure	0,3497	28,00
Kohlensäure		2,81
Organische Substanz etc. (Verlust)		31,12
		100.

Berechnet man die Zusammensetzung unter der Voraussetzung, dafs die Talkerde als phosphorsaures Salz, und die Kohlensäure an Kalkerde gebunden in den Knochen enthalten war, so kommt man zu folgendem Resultate:

Kohlensaure Kalkerde	6,39
Phosphorsaure Talkerde	1,21
Phosphorsaure Kalkerde	59,67
Kalkerde	1,62
Organische Substanz etc. (Verlust)	31,11
	100.

Das Resultat dieser Analyse stimmt mit dem der vorigen so genau überein, wie man es bei solchen Untersuchungen erwarten kann. Naturgemäfs läfst sich nicht voraussetzen, dafs Körper, welche aus einem Gemenge verschiedener Stoffe gebildet sind, in allen ihren Theilen vollkommen gleich zusammengesetzt sind; es ist daher nicht auffallend, dafs diese beiden Analysen Resultate ergeben haben, welche nicht absolut genau übereinstimmen. Der Unterschied in der Zusammensetzung der beiden untersuchten Knochenstücke scheint jedoch mehr in einer Verschiedenheit der Menge der organischen Substanz im Verhältnifs zu den unorganischen Bestandtheilen, als in einer abweichenden Zusammensetzung dieser letzteren gesucht werden zu müssen. Denn berechnet man nach Abzug der organischen Substanz die Menge derselben auf 100 Theile, so findet man:

	I.	II.
Kohlensaure Kalkerde	9,15	9,27
Phosphorsaure Talkerde	1,77	1,76
Phosphorsaure Kalkerde	86,48	86,62
Kalkerde	2,60	2,35
	100.	100.

Die geringen Differenzen, welche diese Zahlen an sich tragen, können wohl füglich den unvermeidlichen Versuchsfehlern zugeschrieben werden.

Darin stimmen die Resultate aller dieser Versuche überein, dafs die Menge der Basen in den Knochen gröfser ist, als zur vollständigen Sättigung der darin enthaltenen Kohlensäure und Phosphorsäure erforderlich ist. Zunächst kam es darauf an, nachzuweisen, an welche Säure die überschüssige Kalkerde gebunden sey. Vor allen Dingen mufste man natürlich an Fluor denken, dessen Gegenwart in den Knochen schon durch Berzelius [1]) dargethan und später durch Frerichs [2]) und Erdmann [3]) bestätigt worden ist. Versuche, welche ich mit denselben Ochsen- und Menschenknochen anstellte, die zu den obigen Analysen dienten, führten mich zu demselben Resultate. In einer mit Wachs überzogenen und mit Schriftzügen versehenen Glasplatte, mit welcher ein geräumiger Platintiegel schnell zugedeckt wurde, nachdem darin die verkohlten Knochen mit concentrirter Schwefelsäure gemischt worden waren, fanden sich nach anhaltendem gelinden Erwärmen des Tiegels jene Buchstaben ziemlich tief eingeätzt, was nur der Gegenwart der Flufssäure zugeschrieben werden kann.

Da bei den oben beschriebenen Analysen die Knochenkohle oder das Knochenpulver mit heifser Salzsäure anhaltend digerirt und die saure Lösung abgedampft worden war, so mufste die Flufssäure zum gröfsten Theile oder vollständig verjagt worden seyn, konnte also die Resultate der Analysen nur unwesentlich oder gar nicht verändern.

Um mich jedoch zu überzeugen, ob neben Fluor noch

1) Gehlen, Journ. f. Chem. u. Phys., Bd. 3. S. 1.
2 u. 3) a. oben a. O.

andere anorganische elektronegative Substanzen in den Knochen vorkommen, verkohlte ich sie, nachdem sie auf die weiter oben angegebene Weise mit Wasser ausgelaugt worden waren, und übergoſs die Kohle mit verdünnter Salpetersäure. Nachdem sie mehrere Stunden darauf eingewirkt hatte, wurde filtrirt, und das Filtrat mit salpetersaurem Silberoxyd und salpetersaurer Baryterde versetzt. Ich erhielt in keinem Falle auch nur die leiseste Trübung. Es sind daher weder schwefelsaure noch Chlorverbindungen in den Knochen enthalten, und es bleibt nur anzunehmen übrig, daſs jener überschüssig gefundene Kalk als Fluorcalcium in Rechnung zu stellen sey. Unter der Voraussetzung, daſs wirklich die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen nach der Formel $\dddot{\dot{P}} Ca^3$ und nicht nach der von Berzelius aufgestellten zusammengesetzt sey, sind danach in den Ochsenknochen 2,72 Proc., in den Hammelknochen 3,01 Proc. und in den Menschenknochen 2,51 und 2,25 Proc. Fluorcalcium gefunden worden.

Berechnet man ihre Zusammensetzung auf 100 Theile der feuerbeständigen Bestandtheile derselben, so findet man folgendes:

	Ochsen-knochen.	Hammel-knochen.	Menschenknochen. I.	Menschenknochen. II.
Kohlens. Kalkerde . .	10,07	9,42	9,06	9,19
Phosphors. Talkerde ($\dddot{\dot{P}} Mg^3$)	2,98	2,15	1,75	1,74
Phosphors. Kalkerde ($\dddot{\dot{P}} Ca^3$)	83,07	84,39	85,62	85,83
Fluorcalcium	3,88	4,05	3,57	3,24
	100	100	100	100.

Vergleicht man hiemit die früheren Resultate von Berzelius[1]), so findet man sie ziemlich übereinstimmend mit den vorliegenden. Dieser fand nämlich in der Asche des Schenkelknochens eines Menschen 3,0 Proc. und in der eines Ochsenknochens 4,25 Proc. Fluorcalcium. Marchand[2]) fand in einem Menschenknochen 1,0 Proc. Fluorcalcium.

1) a. oben a. O.

2) J. f. pract. Chem., Bd. 27. S. 87.

Diefs beträgt 1,6 Proc. der feuerbeständigen Bestandtheile desselben.

Um mich jedoch zu überzeugen, ob die Menge des Fluors in den Knochen wirklich einigermafsen der Menge Kalkerde entspricht, welche ich mehr gefunden habe, als zur vollständigen Sättigung der Kohlensäure und der Phosphorsäure nothwendig ist, habe ich mit einem anderen Theile der Menschenknochen, welche zu den obigen Analysen dienten, folgende Versuche gemacht.

4,005 Grm. bei 150° C. getrockneten Knochenpulvers wurde in einem geräumigen Platintiegel verkohlt, die Kohle mittelst eines Sauerstoffstromes verbrannt, und die weifs gebrannte Masse, welche alles Fluor enthalten mufste, da das Fluorcalcium durch Glühen mit Kohle nicht zersetzt wird, mit dem dreifachen Gewicht an kohlensaurem Natron zusammengemengt und anhaltend im Schmelzen erhalten.

Die geschmolzene Masse wurde mit heifsem Wasser ausgezogen, und die Lösung von dem Ungelösten in eine geräumige Platinschale abfiltrirt. Um mich zu überzeugen, dafs alles Fluor in die wässrige Lösung übergegangen war, trocknete ich letzteres, und brachte es in einen Platintiegel, der mit einer mit Wachs überzogenen und mit Schriftzügen versehenen Glasplatte bedeckt war, und in welchem es mit concentrirter Schwefelsäure übergossen und gelinde erwärmt wurde. Nach anhaltender Einwirkung war keine Spur einer Aetzung auf dem Glase zu bemerken.

Die Flüssigkeit, welche demnach alles Fluor als Fluornatrium, einen Theil der Phosphorsäure, und das überschüssige kohlensaure Natron enthalten mufste, wurde durch Abdampfen auf ein geringes Volumen gebracht und mit Salzsäure vorsichtig angesäuert vier und zwanzig Stunden unter einer Glocke neben einer Lösung von caustischem Kali stehen gelassen, worauf mit einer längere Zeit aufbewahrten, frisch filtrirten Mischung von Chlorcalcium und Ammoniak die Phosphorsäure und das Fluor gefällt wurde. Der schnell und sorgfältig ausgewaschene Niederschlag der aus phosphorsaurer Kalkerde und Fluorcalcium bestehen

mufste, wurde geglüht. Sein Gewicht betrug 0,4835 Grm. Darauf wurde er in einer Platinschale mit Schwefelsäure übergossen, und bis zur gänzlichen Entfernung der Fluorwasserstoffsäure erhitzt. Nach Zusatz von etwas Wasser wurde durch Alkohol die schwefelsaure Kalkerde vollständig gefällt, der erhaltene Niederschlag mit Spiritus ausgewaschen, und aus dem Filtrat die Phosphorsäure durch schwefelsaure Magnesia und Ammoniak niedergeschlagen.

So erhielt ich 0,648 Grm. schwefelsaure Kalkerde und 0,3055 Grm. pyrophosphorsaure Magnesia. Diefs entspricht 0,2668 Grm. Kalkerde und 0,1936 Grm. Phosphorsäure. Der Verlust beträgt 0,0231 Grm. Er ist gleich der Differenz der in den Knochen enthaltenen Quantität Fluor und der ihr äquivalenten Menge Sauerstoff. Erstere findet man daher leicht nach der Formel $d = x - \frac{100\ x}{235,71}$ oder $x = \frac{235,71}{135,71}\ d$, wenn d den erwähnten Verlust bedeutet.

Die Menge des Fluors in den untersuchten Knochen beträgt daher 0,0401 Grm. oder 1,00 Proc., und entspricht 0,0823 Grm. oder 2,05 Proc. Fluorcalcium. Der Gehalt der feuerbeständigen Bestandtheile der Knochen an Fluorcalcium betrug also 2,97 Proc.

Ich habe der Rechnung, durch welche man die Menge des Fluors in dem vorliegenden Falle zu bestimmen hat, so ausführlich Erwähnung gethan, weil Fresenius [1]), welcher zuerst die angeführte Methode zur Bestimmung des Fluors bei Gegenwart von Phosphorsäure vorgeschrieben hat, einfach aus dem Verluste die Menge desselben berechnen läfst, was deswegen unrichtig ist, weil nicht die ganze Menge der als schwefelsaures Salz gewonnenen Kalkerde in dem durch Chlorcalcium und Ammoniak erhaltenen, geglühten Niederschlage als Kalkerde sondern zum Theil als Calcium und zwar an Fluor gebunden, enthalten ist.

Vergleicht man das Resultat des so eben beschriebenen Versuchs mit den Analysen desselben Knochens, welche

1) Fresenius, Anleit. z. quant. chem. Analyse, S. 282.

ich weiter oben angeführt habe, so findet man, dafs die Menge Fluorcalcium, welche ich hier gefunden habe, mit der Quantität, welche aus dem dort gefundenen Ueberschufs an Kalkerde berechnet worden ist, so nahe übereinstimmt, als es bei so complicirten und so viel Fehlerquellen in sich tragenden Versuchen nur immer möglich ist. Nach jenen Analysen beträgt nämlich der Gehalt der bei 150° C. getrockneten Knochen an Fluorcalcium 2,25 Proc. und 2,51 Proc. nach diesem Versuche 2,05 Proc.

Aus den vorstehenden Analysen geht nun unzweifelhaft hervor, dafs die unorganischen Bestandtheile der Knochen gerade soviel elektropositive Körper enthalten, dafs die elektronegativen vollständig gesättigt werden können, dafs also der eine oben erwähnte von Berzelius ausgeführte Versuch, aus welchem er schliefsen zu dürfen glaubte, dafs die phosphorsaure Kalkerde in den Knochen nach der Formel $\dddot{P}^3 \dot{Ca}^8$ zusammengesetzt sey, einen Fehler enthalten mufs. Ich will versuchen denselben aufzudecken.

Dafs er nicht in einer mangelhaft ausgeführten Analyse zu suchen sey, ist bei einem Chemiker von so anerkannter Geschicklichkeit, wie Berzelius, vorauszusetzen. Nur die Schlüsse, welche er aus dem Resultate derselben zieht, können vielleicht einem Zweifel unterliegen. Nachdem Berzelius die Knochen, wie ich weiter oben angeführt habe, verbrannt hatte, löste er den Rückstand in Salzsäure auf, und fällte mit caustischem Ammoniak. Jene Auflösung geschah höchst wahrscheinlich bei niederer Temperatur und mittelst verdünnter Säure, so dafs Fluorwasserstoff weder entweichen, noch auch wesentlich das Gefäfs angreifen konnte, wenn Berzelius nicht etwa Platingefäfse anwendete, was bei einem so sorgfältigen Chemiker wohl zu erwarten ist, der die Gegenwart des Fluors in den Knochen kannte. In dem Niederschlage, der durch Ammoniak entstand, mufste demnach alles Fluorcalcium wieder enthalten seyn. Ferner mufste auch, wie ich schon oben aus Rammelsberg's Arbeit geschlossen habe, der phosphorsaure Kalk, welcher niederfiel, wegen des Ueberschusses an Kalk-

erde in der Lösung nach der Formel $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\,\dot{C}a^3$ zusammengesetzt seyn. Nur die phosphorsaure Talkerde, welche als phosphorsaure Ammoniak-Talkerde durch Ammoniak gefällt werden mufste, also als eine Verbindung, die auf einen Atom nur zwei Atome fixer Basis enthält, während man sie in den Knochen als $\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}\,\dot{M}g^3$ anzunehmen gezwungen ist, veranlafste, dafs freilich nur eine sehr geringe Quantität Kalk weniger durch Ammoniak gefällt wurde, als gefällt werden müfste, wenn die phosphorsaure Talkerde in derselben Form gefällt worden wäre, in der sie in den Knochen angenommen werden mufs. Es mufste daher eine sehr kleine Menge Kalk mehr in der vom Ammoniakniederschlage abfiltrirten Flüssigkeit enthalten seyn, als zur Sättigung der in einem anderen Versuche gefundenen Kohlensäure nothwendig ist. Berzelius fand aber, wenn man seine Resultate nach dem neuen Atomgewicht der Kalkerde und der Kohlensäure berechnet, genau so viel kohlensaure Kalkerde, dafs die darin enthaltene Kohlensäure, der bei dem directen Versuche gefundenen, gleich war.

Es ist also allerdings eine kleine Differenz vorhanden, die jedoch so gering ist, dafs man sie den jedem Versuche anhaftenden Fehlerquellen zuschreiben kann, zumal wenn man bedenkt, dafs, wenn man eine Flüssigkeit, die mit Ammoniak einen voluminösen Niederschlag giebt, dabei aber einen Ueberschufs an Kalkerde in Lösung behält, durch dieses Reagens fällt, trotz aller Sorgfalt, ehe der Niederschlag ausgewaschen ist, durch Einwirkung der Kohlensäure der Luft eine geringe Menge kohlensauren Kalks sich abscheidet, die im Niederschlage auf dem Filtrum zurückbleibt.

Berzelius wendete aber zu seinem Versuche 10 Grm. Knochen an, mufste also durch Ammoniak einen Niederschlag von gegen 6 Grm. Gewicht erhalten. Es ist daher wohl anzunehmen, dafs, ehe eine solche Quantität eines so gelatinösen Niederschlages ausgewaschen werden konnte, sich demselben eine geringe Menge kohlensauren Kalks beimi-

sehen mufste, wodurch die genaue Uebereinstimmung des Kohlensäuregehalts der Knochen und der in dem Filtrat enthaltenen Kalkerde zufällig zu Stande kam.

In dem Vorstehenden glaube ich nachgewiesen zu haben, dafs man keinen Grund hat, aus dem Versuche von Berzelius zu schliefsen, die phosphorsaure Kalkerde der Knochen sey nach der Formel $\dddot{P}^3\,\dot{C}a^8$ zusammengesetzt. Meine Analysen beweisen dagegen klar und deutlich, dafs, wenn man dieses Salz nach der Formel $\dddot{P}\,\dot{C}a^3$ zusammengesetzt betrachtet, die Menge der gefundenen Basen gerade hinreicht, um die Säuren vollständig zu sättigen, und ich halte mich daher für berechtigt, diese Formel als die einzig richtige anzusehen.

Man könnte einwenden, dafs die Methode der Fluorbestimmung nicht genau genug sey, um diesen Schlufs absolut festzustellen. Ich mufs die geringe Genauigkeit derselben allerdings zugeben, und diefs ist eben der Grund gewesen, weshalb ich nur eine Fluorbestimmung ausgeführt habe. Allein auch abgesehen hievon, wird man durch die blofse Bestimmung der Kalkerde, Talkerde, Phosphorsäure und Kohlensäure zu demselben Schlufs geführt.

Wollte man nämlich annehmen, Berzelius's Formel für die phosphorsaure Kalkerde der Knochen sey die richtige, so würde aufser der schon bei der Annahme der Formel $\dddot{P}\,\dot{C}a^3$ überschüssigen Menge Kalkerde noch der neunte Theil der weiter oben als an Phosphorsäure gebunden berechneten Menge Kalkerde in den Knochen als caustische Kalkerde oder als Fluorcalcium oder als ein Salz irgend einer noch unbekannten Säure, mit der sie ein unlösliches Salz bildet, angenommen werden müssen. Ersteres ist durchaus irrationell, letzteres nicht eher anzunehmen, als bis die Gegenwart einer solchen Säure nachgewiesen ist. Nimmt man aber an, jene Menge Kalkerde sey als Fluorcalcium in den Knochen, so würden sie nach den vier oben angeführten Versuchen 7,58; 8,24; 7,52; 7,25 Proc. Fluorcalcium enthalten haben, eine Menge, die so bedeutend von der

direct gefundenen abweicht, dafs man trotz der mangelhaften Ganauigkeit der Methode der Fluorbestimmung unmöglich eine Voraussetzung als richtig betrachten kann, aus der von den direct gefundenen so abweichende Resultate hervorgehen, und ich glaube daher hinlänglich bewiesen zu haben, dafs die in den Knochen enthaltene phosphorsaure Kalkerde nicht nach der complicirten Formel $\dddot{P}^3\,\dot{C}a^8$ zusammengesetzt ist, sondern dafs sie aus einem Atom Phosphorsäure und drei Atomen Kalkerde besteht.

Die Schlüsse, welche sich aus vorstehender Arbeit ergeben, sind folgende:

1. Die Knochen der Wirbelthiere enthalten eine geringe Menge Fluorcalcium, wie diefs auch schon von Berzelius und später von Frerichs, Erdmann und anderen nachgewiesen worden ist.

2. Dagegen ist die eigentliche Knochenmasse, welche vermöge ihrer Unlöslichkeit den Knochen ihre Festigkeit giebt, gänzlich frei von Chlorverbindungen, von schwefelsauren Salzen und von Eisen. Wo dieselben als Bestandtheile der Knochen gefunden worden sind, ist die Flüssigkeit, welche sie durchtränkt, nicht vor dem Versuche entfernt worden.

3. Die feuerbeständigen Basen in den Knochen reichen gerade hin, um die darin enthaltenen Säuren vollständig zu sättigen. Es mufs daher nicht allein die phosphorsaure Talkerde, welche nur dann, wenn sie drei Atome fixer Basis enthält, so schwer auflöslich ist, dafs sie in den mit Wasser ausgelaugten Knochen als vorhanden angenommen werden darf, sondern auch die phosphorsaure Kalkerde darin gemäfs der Formel $\dddot{P}\,\dot{R}^3$ zusammengesetzt enthalten seyn.

VII. *Ueber eine Reihe unlöslicher alkalischer Salze der Phosphorsäure und Arseniksäure; von Heinr. Rose.*

Wenn eine organische Substanz beim Ausschlufs der Luft verkohlt, und darauf die verkohlte Masse so lange mit Wasser behandelt wird, bis dieses nichts mehr auflöst, so wird durch Chlorwasserstoffsäure aus der durch Wasser erschöpften Kohle eine oft nicht unbedeutende Menge von Kali und Natron neben phosphorsauren Erdsalzen ausgezogen.

Die Alkalien waren, wie diefs in den meisten Fällen die Berechnung zeigt, in der verkohlten Masse an Phosphorsäure gebunden. Aber sie hatten mit den phosphorsauren Erdsalzen Doppelsalze gebildet, die im Wasser unlöslich sind [1]).

Von den in Wasser unlöslichen Doppelsalzen der phosphorsauren Erden und Alkalien war bis jetzt die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia das einzig bekannte, aber von gleicher Zusammensetzung mit dieser, die gegen 2 Atome der Magnesia ein Atom Ammoniumoxyd enthält, können ganz analoge Doppelsalze von Kali und Natron, sowie auch selbst von Lithion, sowohl mit Magnesia als auch mit Kalkerde gebildet werden.

Wenn phosphorsaure Kalkerde und Magnesia mit einem Ueberschufs von kohlensaurem Alkali geschmolzen werden, so bilden sich diese Doppelsalze. Aber man kann sie auf diese Weise nicht rein erhalten, da immer durch das grofse Uebermaafs des kohlensauren Alkalis eine theilweise Zersetzung stattfindet. Je höher die Temperatur ist, die bei der Zersetzung stattfindet, und je vollkommener das Ganze in den Flufs kommt, um so mehr wird von der phosphorsauren Erde zersetzt. Bei der phosphorsauren Magnesia kann sogar unter gewissen Bedingungen eine vollständige Zer-

1) Pogg. Ann. Bd. 76, S. 330.

Zersetzung stattfinden, aber bei der phosphorsauren Kalkerde gelingt diese nie, und die Ursach davon ist die schwere Zersetzbarkeit des Doppelsalzes von phosphorsaurem Alkali und phosphorsaurer Kalkerde durch kohlensaures Alkali [1]).

Wenn aber die phosphorsauren Erden mit einer geringen Menge von kohlensaurem Alkali gut gemengt und dann so geglüht werden, daſs die Masse weder schmelzen, noch selbst zusammensintern kann, so wird die ganze Menge der Kohlensäure aus dem Alkali getrieben, und weder durch kaltes noch durch heiſses Wasser kann aus der geglühten Verbindung das Alkali vollständig ausgezogen werden.

Es ist aber schwer, diese Verbindungen im gröſsten Zustand der Reinheit darzustellen. Es hängt dieſs zum Theil von der Quantität des angewandten kohlensauren Alkalis ab. Nimmt man zu wenig davon, so erhält man die Verbindung mit überschüssiger phosphorsaurer Erde gemengt. Wendet man zu viel an, so kann eine geringe Zersetzung stattfinden, und die Verbindung enthält dann eine gröſsere oder geringere Menge von kohlensaurer Erde. Zum Theil aber hängt die Zusammensetzung der Verbindung von dem längeren oder kürzeren Auswaschen ab, durch welches sie mehr oder weniger verändert wird.

Es wurde gewöhnlich ein Atom der pyrophosphorsauren Erde mit einem Atom des kohlensauren Alkalis auf das innigste gemengt, und das Gemenge so lange geglüht, bis kein Gewichtsverlust mehr stattfand. Die geglühte Masse war dadurch weder geschmolzen noch selbst zusammengesintert. Sie wurde darauf einige Zeit mit Wasser erhitzt und mit heiſsem Wasser ausgewaschen.

Die erhaltenen Verbindungen zeigten bei der Analyse mehr oder weniger annähernd die Zusammensetzung einer Verbindung von zwei Atomen Erde, einem Atom Alkali und einem Atom Phosphorsäure, so daſs der Sauerstoffgehalt der Basen sich mehr oder weniger annähernd zu dem der Phosphorsäure wie 3:5 verhielt.

In den meisten Fällen erforderte das Auswaschen lange

1) Pogg. Annal. Bd. 76, S. 230.

Zeit; in einigen Fällen war es sogar kaum zu beenden; es zeigte sich dann, dafs zwar das Alkali sehr hartnäckig zurückgehalten wurde, dafs aber doch ein grofser, oft der gröfste Theil durch langes Auswaschen der phosphorsauren Erde entzogen wird.

In diesen Fällen wird das ausgewaschene Alkali durch ein Aequivalent von Wasser ersetzt, so dafs eine solche lange Zeit mit heifsem Wasser ausgewaschene Verbindung zum Theil aus der noch unzersetzten ursprünglichen besteht, zum Theil aber auch aus einer neu entstandenen aus zwei Atomen Erde, einem Atom Wasser und einem Atom Phosphorsäure zusammengesetzt; beide Verbindungen miteinander gemengt oder verbunden.

Ist dann noch bei der Bereitung der Verbindung ein Uebermaafs von kohlensaurem Alkali angewandt, und die phosphorsaure Erde damit geschmolzen worden, so ist die entstandene ausgewaschene Verbindung mit gröfseren oder geringeren Mengen von kohlensaurer Erde gemengt.

Das Wasser, womit eine solche Verbindung ausgewaschen ist, zeigt daher nie, wenn man nicht ein Uebermaafs von kohlensaurem Alkali angewandt hat, die geringste Menge von Kohlensäure, wohl aber gröfsere oder geringere Spuren von Alkali. Bisweilen löst sich aber auch durchs Auswaschen etwas von der phosphorsauren Erde auf, so dafs in dem Waschwasser durch Reagentien die Gegenwart der Phosphorsäure und der Erde nachzuweisen ist. In diesem Falle wurde die Verbindung mit Wasser ausgewaschen, zu dem eine geringe Menge von Ammoniak zugemischt worden war.

Unter dem Mikroscope zeigten fast alle untersuchten Salze eine krystallinische Structur.

Die dargestellten, so gut wie möglich ausgewaschenen Verbindungen wurden bei 100° C. getrocknet. Ein Theil der getrockneten Verbindung wurde geglüht. In vielen Fällen entstand dadurch ein geringer Gewichtsverlust, der vom Wassergehalt herrührt, da der andere Theil des getrockneten Salzes mit Salpetersäure in einem Apparate, zur

Bestimmung der Kohlensäure, behandelt, in den meisten Fällen entweder keine, oder nur geringe kaum bestimmbare Spuren von Kohlensäure entwickelte. Nur in einigen wenigen Fällen machte die Kohlensäure, als kohlensaure Erde, einen wesentlichen Bestandtheil oder vielmehr Gemengtheil in der Verbindung aus; dann aber war auch die Menge des zur Bildung des Salzes angewandten kohlensauren Alkalis, wie schon oben bemerkt wurde, gröſser gewesen, als erforderlich war. In dem Aussüſsungswasser waren in diesem Falle auch gröſsere Mengen von Phosphorsäure, und der Gehalt des Alkalis in der unlöslichen Verbindung war dann um so geringer.

Die Auflösung der Salze in Salpetersäure wurde zur Trennung der Basen von der Phosphorsäure mit metallischem Quecksilber behandelt. Die Erden wurden von den Alkalien nach bekannten Methoden geschieden.

Die beschriebenen Verbindungen sind sämmtlich von Herrn Weber dargestellt und analysirt worden.

Phosphorsaure Kali-Kalkerde. Die bei 100° C. getrocknete Verbindung erlitt beim gelinden Glühen keinen Gewichtsverlust. Nach Bestimmung der Kohlensäure vermittelst Salpetersäure in einem kleinen Apparate geschah die Trennung der Basen von der Phosphorsäure, wie so eben angeführt, durch Quecksilber. Es wurden bei Anwendung von 1,810 Grm. der Verbindung erhalten:

		Sauerstoff.	
Kalkerde	32,71	9,18	13,51 (Kalkerde + Kali)
Kali	25,59	4,33	
Phosphorsäure	39,73	22,26	
Kohlensäure	0,66		
	98,69.		

Die nach der Formel $\dot{K} + 2\,\dot{Ca} + \overset{.....}{P}$ berechnete Verbindung enthält im Hundert:

Kalkerde	32,10
Kali	26,96
Phosphorsäure	40,84
	100,00.

Durch einen sehr kleinen Ueberschufs des kohlensauren Kalis hat eine geringe Zersetzung stattgefunden, und sich etwas kohlensaure Kalkerde gebildet. Im Uebrigen stimmt die berechnete Zusammensetzung sehr gut mit der gefundenen überein.

Phosphorsaure Natron-Kalkerde. Bei einem Versuche zur Darstellung derselben war die Menge des kohlensauren Natrons gröfser gewesen, als es die berechnete Verbindung erforderte; die geglühte Masse war daher auch etwas zusammengesintert, und im Waschwasser fand sich eine ziemlich bedeutende Menge von Phosphorsäure. Dieser Versuch gab das Resultat I. Es waren dazu 1,720 Grm. angewandt worden. — Bei einem zweiten Versuche wurde zur Bildung der Verbindung genauer die erforderliche Menge des kohlensauren Natrons angewandt. Er gab das Resultat II. Zur Untersuchung wurden 1,243 Grm. genommen.

	I.	Sauerstoff.		II.	Sauerstoff.	
Kalkerde	40,17	11,23	12,60	35,27	8,56	14,34
Natron	5,17	1,32		19,12	5,76	
Phosphorsäure	41,39	23,19		44,90	26,28	
Kohlensäure	13,49					
	100,22			99,29.		

Die nach der Formel $\dot{\mathrm{Na}} + 2\,\dot{\mathrm{Ca}} + \overset{\cdot\cdot\cdot}{\ddot{\mathrm{P}}}$ berechnete Zusammensetzung giebt im Hundert:

Kalkerde	35,43
Natron	19,63
Phosphorsäure	44,94
	100,00.

Mit letzterer stimmt das Resultat II. sehr gut überein.

Es wurde noch ein dritter Versuch angestellt, um zu sehen, ob beim Schmelzen der phosphorsauren Kalkerde mit einem grofsen Ueberschufs von kohlensaurem Natron die mit Wasser ausgewaschene Verbindung alkalihaltig sey. Es wurden zur Analyse 0,878 Grm., bei 100° C. getrocknet, angewandt. — Es wurden erhalten:

		Sauerstoff.
Kalkerde	47,60	13,37
Natron	5,25	1,34
Phosphorsäure	33,15	18,57
Kohlensäure	9,11	6,59
Wasser	4,89	4,34
	100,00.	

Das Wasser ist bei diesem Versuche aus dem Verluste bestimmt worden, da es wegen der Anwesenheit der kohlensauren Kalkerde nicht durch Glühverlust gefunden werden konnte. Die Verbindung enthielt eine bedeutende Menge eingemengter kohlensaurer Kalkerde, und aufser einem Atom der Verbindung $\dot{Na} + 2\,\dot{Ca} + \ddot{\bar{P}}$ beinahe 3 Atome von $\dot{H} + 2\,\dot{Ca} + \ddot{\bar{P}}$. Doch zeigt die Analyse einen gröfseren Wassergehalt, als einer solchen berechneten Zusammensetzung zukommen würde. Da aber derselbe nur durch den Verlust ermittelt ist, so sind darin alle kleinen Verluste der anderen Bestandtheile vereinigt.

Phosphorsaure Kali-Strontianerde. Die bei 100° C. getrocknete Verbindung gab beim Glühen keinen bemerkbaren Gewichtsverlust. Die zur Analyse angewandte Menge betrug 1,226 Grm. Es wurden erhalten:

		Sauerstoff.
Strontianerde	49,33	7,62
Kali	17,62	2,98
Phosphorsäure	34,01	19,05
	100,96.	

Die nach der Formel $2\,\dot{Sr} + \dot{K} + \ddot{\bar{P}}$ berechnete Zusammensetzung ist:

Strontianerde	46,59
Kali	21,24
Phosphorsäure	32,17
	100,00.

Der Verbindung ist durch Auswaschen Kali entzogen worden, ohne dafs sie aber Wasser aufgenommen hat, was vielleicht beim Trocknen sich verflüchtigt hatte.

Phosphorsaure Natron-Strontianerde. Es wurden zur Untersuchung 1,280 Grm. angewandt.

Die Zusammensetzung war:

		Sauerstoff.
Strontianerde	53,44	8,25
Natron	10,16	2,59
Phosphorsäure	34,61	19,39
Wasser	1,72	1,53
	99,93.	

Die nach der Formel $\dot{Na} + 2\,\dot{Sr} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ zusammengesetzte Verbindung ist im Hundert zusammengesetzt aus:

Strontianerde	50,19
Natron	15,15
Phosphorsäure	34,66
	100,00.

Die untersuchte Verbindung entspricht sehr annähernd einer Zusammensetzung von 2 Atomen $\dot{Na} + 2\,\dot{Sr} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ und einem Atom $\dot{H} + 2\,\dot{Sr} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$; denn eine solche wäre im Hundert zusammengesetzt aus:

Strontianerde	52,07
Natron	10,47
Phosphorsäure	35,95
Wasser	1,51
	100,00.

Phosphorsaure Kali-Baryterde. Diese Verbindung scheint durch Behandlung mit Wasser mehr zersetzt zu werden, als alle die bis jetzt beschriebenen. Bei der Untersuchung von 1,354 Grm. wurden erhalten:

		Sauerstoff.
Baryterde	70,23	7,34
Kali	1,55	0,26
Phosphorsäure	26,95	15,10
Wasser	2,36	2,09
	101,09.	

Eine nach der Formel $\dot{K} + 2\,\dot{Ba} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ zusammengesetzte Verbindung besteht aber im Hundert aus:

Baryterde	56,33
Kali	17,36
Phosphorsäure	26,31
	100,00.

Es scheint, als wenn der phosphorsauren Baryterde, welche vor der Anwendung geglüht, als $\dot{\mathrm{Ba}}^2\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$ angewandt wurde, durch das Erhitzen mit kohlensaurem Kali nur Phosphorsäure entrissen und sie meistentheils in $\dot{\mathrm{Ba}}^3\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$ verwandelt wird. Die erhaltene Verbindung enthält aufserdem noch $\dot{\mathrm{K}} + 2\,\dot{\mathrm{Ba}} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$ und $\dot{\mathrm{H}} + 2\,\dot{\mathrm{Ba}} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$.

Phosphorsaure Natron-Baryterde. Bei der Untersuchung von 0,987 Grm. der bei 100° C. getrockneten Verbindung wurden erhalten.

		Sauerstoff.
Baryterde	65,45	6,83
Natron	7,10	2,04
Phosphorsäure	26,54	14,86
Wasser	1,07	0,95
	100,16.	

Die nach der Formel $\dot{\mathrm{Na}} + 2\,\dot{\mathrm{Ba}} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$ zusammengesetzte Verbindung ist zusammengesetzt aus

Baryterde	59,85
Natron	12,28
Phosphorsäure	27,87
	100,00.

Die erhaltene Verbindung war also durch Wasser etwas zersetzt worden und enthielt aufser $\dot{\mathrm{Na}} + 2\,\dot{\mathrm{Ba}} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$ noch $\dot{\mathrm{H}} + 2\,\dot{\mathrm{Ba}} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$ und zwar wie bei der phosphorsauren Natron-Strontianerde annähernd gegen 2 Atome der ersten Verbindung ein Atom der letzten.

Phosphorsaure Kali-Magnesia. Beim Auswaschen der mit kohlensaurem Kali geglühten phosphorsauren Magnesia ($\dot{\mathrm{Mg}}^2\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}$) lösten sich nur geringe Mengen von phosphorsaurer Magnesia auf. Als jedoch zum Aussüfsen ammoniakalisches Wasser angewandt wurde, konnte dasselbe leicht und vollständig bewirkt werden.

1,237 Grm. von der bei 100° C. getrockneten Verbindung hatten folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Magnesia	28,45	11,01
Kali	22,15	3,75
Phosphorsäure	46,88	26,26
Wasser	2,52	2,23
	100,00.	

Die nach der Formel $\dot{K} + 2\,\dot{Mg} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ zusammengesetzte Verbindung ist folgende:

Magnesia	25,85
Kali	29,48
Phosphorsäure	44,67
	100,00.

Auch bei dieser Verbindung ist beim Auswaschen Kali aufgelöst und durch Wasser ersetzt worden.

Phosphorsaure Natron-Magnesia. 0,936 Grm. der dargestellten Verbindung gaben folgende Zusammensetzung:

		Sauerstoff.
Magnesia	34,82	13,47
Natron	11,75	3,00
Phosphorsäure	45,00	25,21
Wasser	8,13	7,20
	99,70.	

Eine nach der Formel $\dot{Na} + 2\,\dot{Mg} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ zusammengesetzte Verbindung enthält im Hundert:

Magnesia	28,71
Natron	21,67
Phosphorsäure	49,62
	100,00.

Die dargestellte Verbindung enthält neben $\dot{Na} + 2\,\dot{Mg} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$ auch $3\,\dot{Mg} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}$. Der grofse Wassergehalt ist nicht gut zu erklären.

Phosphorsaure Lithion-Kalkerde. Es wurde zu den Versuchen ein reines kohlensaures Lithion angewandt, das frei von Natron und Kali war.

Das kohlensaure Lithion hat bekanntlich eine Eigenschaft, durch welche es sich wesentlich von dem kohlensauren Kali und Natron unterscheidet. Schmelzt man es im Platintiegel, so wird derselbe dadurch etwas angegriffen. Er erhält einen leberbraunen Ueberzug da, wo das so leicht schmelzbare Salz mit dem Platin in Berührung gewesen ist. Unmittelbar nach der Entdeckung des Lithions legte man auf diese Eigenschaft ein grofses Gewicht, und glaubte durch sie mit Sicherheit das Lithion von den anderen feuerbeständigen Alkalien unterscheiden zu können. Nur das kohlensaure Lithion hat die Eigenschaft, beim Schmelzen auf das Platin zu wirken, nicht die übrigen so leicht schmelzbaren Lithionsalze. Man schmelzte daher früher die Verbindungen, namentlich die Silicate, in denen man die Gegenwart des Lithions vermuthete, auf Platinblech durch die Löthrohrflamme mit kohlensaurem Natron zusammen. Man hat sich aber später überzeugt, dafs das Anlaufen des Platins in diesem Falle doch ein etwas unsicheres Kennzeichen auf Lithion sey. Denn reines kohlensaures Natron auf Platinblech geschmolzen, kann oft ein ähnliches Anlaufen hervorbringen. Der braune Ueberzug vom Platin verschwindet, wenn die Stelle mit Wasser gewaschen und geglüht wird, aber das Metall hat seine Politur verloren, und ist matt geworden.

Das Anlaufen des Platins beim Schmelzen mit kohlensaurem Lithion rührt davon her, dafs dasselbe beim starken und anhaltenden Glühen in der That etwas Kohlensäure verliert. Das Lithion, in dem Augenblicke, in welchem es frei wird, veranlafst die Oxydation des Platins und verbindet sich mit dem Oxyde auf gleiche Weise, wie diefs beim Kali und Natron der Fall ist, wenn sie frei werden, oder wenn sie als Hydrate bei höherer Temperatur auf Platin wirken können. Die so leichte Schmelzbarkeit des kohlensauren Lithions begünstigt das Anlaufen des Platins ungemein, und ist die Ursache, dafs es bei weitem mehr die Oxydation des Platins veranlassen kann, als wenn kohlensaure alkalische Erden im Platintiegel heftig geglüht werden.

Der Verlust des kohlensauren Lithions an Kohlensäure, wenn dasselbe im Platintiegel geschmolzen wird, ist nicht sehr bedeutend. 0,603 Grm. desselben verloren nach jeder Glühung, im bedeckten Platintiegel, nur einige Milligramme und hatten endlich nach 6 Schmelzungen um 0,023 Grm. abgenommen. Wurde das geglühte Salz darauf beim Zutritt der Luft geschmolzen, so nahm es wiederum an Gewicht zu, doch nach mehreren Schmelzungen nur um 0,01 Grm. Beim Glühen aber mit etwas kohlensaurem Ammoniak erreichte es beinahe, aber nicht völlig das ursprüngliche Gewicht; verminderte sich aber wiederum, wenn es von Neuem im bedeckten Tiegel geglüht wurde.

Von dem kohlensauren Lithion wurde 1 Atom mit einem Atom phosphorsaurer Kalkerde ($\dot{C}a^2 \overset{\therefore}{P}$) erhitzt. Die Kohlensäure des Lithionsalzes wurde vollständig ausgetrieben. Nach der Behandlung mit Wasser wurde im Waschwasser kein kohlensaures Salz gefunden, sondern nur geringe Mengen von phosphorsaurer Kalkerde.

Es wurden 1,594 Grm. der ausgewaschenen und bei 100° C. getrockneten Verbindung der Untersuchung unterworfen. Das Resultat war folgendes:

		Sauerstoff.
Kalkerde	41,53	11,76
Lithion	9,03	4,98
Phosphorsäure	50,69	28,39
	101,25.	

Eine nach der Formel $\dot{L}i + 2\,\dot{C}a + \overset{\therefore}{P}$ zusammengesetzte Verbindung besteht im Hundert:

Kalkerde	39,58
Lithion	10,22
Phosphorsäure	50,20
	100,00.

Werden die phosphorsauren Erden mit den Chlormetallen der Alkalien geglüht, so wird aus diesen beim Zutritt der feuchten Luft Chlor als Chlorwasserstoff ausgetrieben, und es bilden sich ähnliche Verbindungen wie die beschriebenen.

Sind aber phosphorsaure Erden gemeinschaftlich mit Alkalien in sauren Auflösungen enthalten, so können erstere durch Ammoniak gefällt werden, ohne dafs der Niederschlag Alkali enthält. Auf nassem Wege bilden sich also die beschriebenen Verbindungen nicht. Es wird indessen durch die Gegenwart des entstehenden ammoniakalischen Salzes nicht die ganze Menge der phosphorsauren Erde gefällt.

Aufser den beschriebenen phosphorsauren Verbindungen scheinen sich unter gewissen Umständen auch noch solche bilden zu können, die vielleicht aus zwei Atomen eines Alkalis gegen einen Atom einer Erde und einen Atom Phosphorsäure bestehen. Sie sind im Wasser auflöslich.

Wenn eine organische Substanz verkohlt, und die verkohlte Masse mit Wasser ausgezogen wird, so enthält sehr oft der wäfsrige Auszug phosphorsaure Erden, namentlich phosphorsaure Kalkerde, die sich abscheiden, wenn man bis zur Trocknifs abdampft, und den trocknen Rückstand in Wasser auflöst. Die phosphorsauren Erden sind durch phosphorsaure Alkalien, mit welchen sie auflösliche Doppelsalze gebildet haben, aufgelöst worden.

Wenn man pyrophosphorsaures Natron im Uebermaafs mit kohlensaurer Kalkerde schwach glüht, oder einer Temperatur aussetzt, bei welcher die organischen Substanzen verkohlt werden, so ist in der wäfsrigen Auflösung der geglühten Masse phosphorsaure Kalkerde enthalten. Man nimmt zu diesem Versuche mehr als 1 Atom, oder besser 2 Atome pyrophosphorsaures Natron gegen 1 Atom kohlensaurer Kalkerde. In dem wäfsrigen Auszuge kann man die Gegenwart der Kalkerde durch Oxalsäure sogleich entdecken. Die phosphorsaure Kalkerde scheidet sich nicht gut ab, wenn man den wäfsrigen Auszug bis zur Trocknifs abdampft, oder durch denselben Kohlensäuregas strömen läfst, wohl aber wenn man ihn mit kohlensaurem Natron versetzt, und dann abdampft. Die abgeschiedene phosphorsaure Kalkerde enthält nach dem Auswaschen keine kohlensaure Kalkerde.

Es hat sich hier offenbar ein auflösliches Doppelsalz

von phosphorsaurem Natron und phosphorsaurer Kalkerde gebildet. Letztere scheidet sich ab, wenn ein Theil des Natrons in der Auflösung in kohlensaures Natron verwandelt wird.

Arseniksaure Kali-Magnesia. Getrocknete arseniksaure Ammoniak-Magnesia wurde so lange schwach erhitzt, dafs man annehmen konnte, alles Wasser und Ammoniak sey aus ihr entfernt. Sie wurde darauf mit einem Atom kohlensaurem Kali gut gemengt und in einem Porcellantiegel stark geglüht. Die geglühte Masse, welche nicht zusammengesintert war, wurde mit Wasser ausgekocht und ausgewaschen. Das Auswaschen geschah mit Ammoniak haltigem Wasser, war aber nicht so zu vollenden, dafs das Waschwasser beim Verdampfen keinen Rückstand hinterliefs. In der abfiltrirten Flüfsigkeit war eine grofse Menge Arseniksäure enthalten. Der lange ausgewaschene Rückstand, mit Chlorwasserstoffsäure behandelt, gab eine starke Kohlensäureentwicklung; die Lösung aber mit Ammoniak übersättigt, erzeugte einen starken Niederschlag von arseniksaurer Ammoniak-Magnesia. Ein anderer Theil der Lösung, mit Platinchlorid und Alkohol versetzt, brachte nur einen sehr geringen Niederschlag von Kaliumplatinchlorid hervor.

Die arseniksauren Erden werden durchs Schmelzen mit kohlensauren Alkalien weit vollständiger zersetzt, als die phosphorsauren [1]). Wäre eine gröfsere Menge von kohlensaurem Kali angewandt worden, so wäre die Zersetzung eine vollständige geworden. Schon die geringe Menge des angewandten Alkalis zersetzte viel der arseniksauren Magnesia. Es hatte sich aber dennoch eine Verbindung von $\dot{K} + 2\dot{Mg} + \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}$ erzeugt, die aber durch Wasser zerlegt ward.

Arseniksaure Natron-Magnesia. Die nach berechneten Verhältnissen gemengte und geglühte Verbindung wurde mit Wasser ausgekocht, und mit Ammoniak haltigem Wasser ausgesüfst, was leicht zu bewerkstelligen war. In dem

1) Pogg. Annal. Bd. 76, S. 540.

erhaltenen Waschwasser war keine Kohlensäure, aber eine grofse Menge von Arseniksäure enthalten.

Die ausgewaschene Verbindung mit Salpetersäure behandelt zeigte keine Spur von Kohlensäure. Die Lösung wurde mit metallischem Quecksilber behandelt, und dadurch die Basen abgeschieden. Zur Bestimmung der Arseniksäure wurde ein anderer Theil der Verbindung in Chlorwasserstoffsäure gelöst, die Auflösung mit Chlorammonium und mit Ammoniak übersättigt. Aus dem Niederschlage der arseniksauren Ammoniak-Magnesia wurde die Menge der Arseniksäure berechnet. In der davon abfiltrirten Flüssigkeit war keine Arseniksäure mehr enthalten. Die arseniksaure Magnesia kann also nach ihrer Auflösung in Chlorwasserstoffsäure durch Ammoniak vollständig als arseniksaure Ammoniak-Magnesia abgeschieden werden, was bei der (pyro) phosphorsauren Magnesia nicht gelingt.

Die Untersuchung von 2,565 Grm. der Verbindung gab:

		Sauerstoff.
Magnesia	24,28	9,40
Natron	11,50	2,94
Arseniksäure	57,52	19,97
Wasser	6,70	
	110,00.	

Das Wasser ist aus dem Verluste bestimmt worden. — Die nach der Formel $\dot{Na} + 2\dot{Mg} + \dddot{As}$ berechnete Zusammensetzung ist im Hundert:

Magnesia	22,02
Natron	16,62
Arseniksäure	61,36
	100,00.

Beim Erhitzen von arseniksaurer Magnesia und kohlensaurem Natron ist, wie sich aus dem Resultate der Untersuchung ergiebt, ein Theil von ersterer zersetzt worden; es hat sich arseniksaures Natron und kohlensaure Magnesia gebildet, welche aber beim Glühen vollständig ihre Kohlensäure verloren hat. Die mit Wasser behandelte Masse enthielt aber offenbar die Verbindung $\dot{Na} + 2\dot{Mg} + \dddot{As}$, die aber zum Theil durch die Behandlung mit Wasser in $\dot{H} + 2\dot{Mg} + \dddot{As}$ übergegangen war, und aufserdem noch aus kohlensaurer Magnesia entstandene reine Magnesia.

VIII. *Mineralogische Beschreibung des Arkansits; von August Breithaupt.*

Der *Arkansit* des Herrn Shepard, dieses neue nordamerikanische Mineral, verdient nicht nur überhaupt eine genauere mineralogische Beschreibung als man davon hat: er besitzt auch ein besonderes krystallographisches Interesse. Er läſst folgende Kennzeichen wahrnehmen.

Innen ist der *Glanz* stets ein halbmetallischer, der sich etwas dem metallisirenden Demantglanze nähert; äuſserlich sind die Krystallflächen bald weniger, bald mehr metallisirend.

Die *Farbe* ist eisenschwarz. Der *Strich* dunkelaschgrau.

Ganz *undurchsichtig*.

Als *Primärform* betrachte ich ein an den Krystallen stets vorkommendes *brachyaxes rhombisches Pyramidoëder* $P = \mathrm{P} = 135^\circ\ 51'$ Neigung der Flächen an den kurzen, $95^\circ\ 20'$ an den langen Polkanten, und $101^\circ\ 19'$ an den Basiskanten. Die Basis selbst, also auch noch das nicht beobachtete primäre Prisma $\infty\mathrm{P}$ würde die Winkel $121^\circ\ 10'$ und $58^\circ\ 50'$ haben. Die drei Axen stehen in den Werthen zu einander $a:b:c = 1:1{,}668802:0{,}941023$.

Durch Messung wurden gefunden:

$$y = \tfrac{1}{2}\mathrm{P}\bar{\infty} = 124^\circ\ 2' \text{ am besten,}$$

$$i = 2\mathrm{P}\breve{\infty} = 79^\circ\ 41' \text{ ziemlich gut,}$$

und bei P die Neigung der Flächen an der Basiskante $= 101^\circ\ 19'$ und $101^\circ\ 23'$ bei schlechter Spiegelung mit geringer Genauigkeit.

Auſser den schon genannten einfachen Gestalten kommen noch mit vor:

$$o = 3\mathrm{P}\breve{\infty} = 58^\circ\ 10'.$$

$$s = \mathrm{P}\bar{\infty} = 86^\circ\ 31'.$$

$$l = \infty\mathrm{P}\breve{\infty}.$$

$$n = 2\mathrm{P} = 125^\circ\ 56';\ 72^\circ\ 35';\ 135^\circ\ 26'.$$

$\mathrm{P}\breve{\infty}$ würde $= 118^\circ\ 8'$ seyn, ist aber noch nicht beobachtet.

Folgende *Combinationen* habe ich gesehen:

1. $P = \mathrm{P}$ und $i = 2\mathrm{P}\breve{\infty}$, die gewöhnlichste, welche, bei gleicher Ausdehnung der Flächen, das *Ansehen eines hexagonalen Pyramidoëders* gewinnt.

2. Zu diesen zwei Gestalten kommt oft noch $l = \infty\mathrm{P}\breve{\infty}$, Figur 16, Taf. I.

3. Sehr selten tritt zu *P*, *i* und *l* noch $y = \frac{1}{2}P\bar{\infty}$ hinzu, dessen Flächen den lebhaftesten Glanz besitzen.

4. Mit den Gestalten von 2. ist auch noch $s = P\breve{\infty}$, aber selten und sehr schmal, combinirt.

5. Der gröfste Krystall, den die hiesige Sammlung besitzt, ziemlich $\frac{1}{2}$ Zoll grofs, zeigt *P*, *i*, $n = 2P$, $o = 3P\breve{\infty}$ und *l*.

Die Figur 17, Taf. I stellt einen schematischen Krystall dar, an welchem alle sieben beobachteten einfachen Gestalten combinirt zu sehen sind. Stellt man sich denselben ohne *y* und *s* vor, so entspricht er der Varietät 5.

Auf den Krystallflächen liegt manchmal ein dünner Ueberzug von einem schwarzen Mulme auf, der sich mit einem Messer leicht abschaben läfst, und ist dieses geschehen, dann spiegeln die meisten Flächen viel besser als erst; diefs gilt besonders von *y*, *i* und *o*.

Jenes von der ersten Varietät bemerkte *hexagonale Ansehen* tritt bei *rhombischen Combinationen* dann allemal ein, wenn zu einem Pyramidoëder, dessen Basis wenig von 120° abweicht, ein Doma zur Brachydiagonale von doppelter Hauptaxe kommt, also bei Combinationen wie $\frac{1}{4}P$, $\frac{1}{2}P\breve{\infty}$ oder $\frac{1}{2}P$, $P\breve{\infty}$, oder P, $2P\breve{\infty}$, und wenn hiebei die Flächen der beiden Gestalten eine gleiche oder fast gleiche Ausdehnung haben; eine Erscheinung welche an Topasen, Weifsbleierz, Witherit, Alstonit, Kupferglanz, Kymophan etc. sattsam bekannt seyn dürfte. Am *Arkansit* ist diese Erscheinung um so täuschender, als die Neigungen der Flächen von *P* und $2P\breve{\infty}$ gegen die Hauptaxe nur um 0° 30′ von einander abweichen, und die Basis auch nur um 1° 10′ gröfser als 120° ist. [Denkt man sich ein rhombisches Pyramidoëder mit der Basis von 120° (welches freilich nicht existirt), mit $2P\breve{\infty}$ combinirt, so erhält man ein hexagonales Pyramidoëder]. Um jedoch die erste der obigen Combinationen als solche zu erkennen, dient ganz bequem der Umstand, dafs *i* viel besser als *P* spiegelt.

Noch scheint es bemerkenswerth, dafs auch bei dem *Arkansit*, wie bei vielen anderen Mineralien aus derselben Abtheilung des rhombischen Krystallisations-Systemes, als z. B. beim Halochalcit, Cölestin, Schwerspath, Peridot, Kymophan, Brookit, Wolframit etc., das *flache* Doma $\frac{1}{2}P\bar{\infty}$ so deutlich ausgebildet vorkommt (im Allgemeinen auch

sehr frequent), während hingegen die Domen zur Brachydiagonale fast immer sehr *steile* sind.

Die *Spaltbarkeit* ist nach keiner Gestalt deutlich, man bemerkt sie meist nur in Spuren, am besten noch beim Reflex des directen Sonnenlichts, oder des Abends bei dem eines Kerzenlichts. Sie findet statt: *primär-prismatisch* in allen Stücken wahrnehmbar, auch *brachydiagonal* und *primär-pyramidal*. Der *Bruch* ist *uneben*.

Die derben Massen des Minerals bilden eine ziemlich locker zusammenhängende *körnige Zusammensetzung*.

Die *Härte* beträgt $7\frac{1}{4}$ bis 8.

Das *specifische Gewicht* fand ich in den reinsten Bröckchen = 3,952.

Diesen Kennzeichen zufolge gehört der *Arkansit* in die Klasse der Miner und in die Ordnung der (oxydischen) Erze. In den Hellungskennzeichen zeigt er Aehnlichkeit mit den Magneteisenerzen, in der Krystallisation mit den schweren Tantaliten aus Finnland und in den Massenkennzeichen mit dem Brookit, neben welchem man ihn einordnen mag. Bei der chemischen Aehnlichkeit mit dem Brookit, an welchem ich früher (m. s. mein vollständ. Handb. d. Mineralogie Bd. III. S. 853), genaue Messungen gemacht hatte, versuchte ich nun auf verschiedene Weise die Formen des Arkansits von denen des Brookits, und umgekehrt, krystallographisch abzuleiten, habe mich aber überzeugt, dafs diefs durchaus nicht geht. Man mufs sie als Genera getrennt halten.

Der *Arkansit* kommt in den Stücken, welche ich gesehen, mit nichts anderem als mit einem trüben grauweifsen Quarz gemengt vor, und sitzt meist auf demselben, zum kleineren Theil etwas in demselben. Beide sind mithin wohl von ziemlich cotemporärer Entstehung. Der Quarz zeigt auch nach der Richtung hin, in welcher er aufgewachsen war, hexaëdrische Eindrücke eines verschwundenen Minerals, welches vielleicht Eisenkies war. Das Ganze hat unverkennbar das Gepräge eines Vorkommens auf Gängen, und gehört wohl der Titan-Formation an, welche ich in meiner Paragenesis der Mineralien S. 137 als eine besondere genannt habe.

Der Fundort ist nahe bei den Springquellen Hot Springs im nordamerikanischen Freistaate Arkansas.

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1849. ANNALEN №. 7.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXVII.

I. *Untersuchungen über die Isogeothermen der Alpen; von Dr. Adolph Schlagintweit.*

Indem ich versucht habe, die Modificationen, welche die Bodenwärme in den Alpen nach der zunehmenden Höhe oder der Lage der einzelnen Gebirgszüge erleidet, zu verfolgen und die allgemeinen Gesetze in einigen Linien zu vereinigen, benutzte ich eine Reihe von Beobachtungen über die Temperatur der Quellen, welche wir auf mehreren Reisen, vorzüglich im Jahre 1847 und 1848 in den verschiedensten Höhen angestellt hatten.

Zu gleicher Zeit hielt ich es für nöthig, einige Bemerkungen über die vorzüglichsten Bedingungen der Quellenbildung vorauszuschicken. Man hat längst erkannt, wie wichtig es für die richtige Anschauung in jedem Theile der physischen Geographie ist, die äufseren Umstände zu berücksichtigen, unter welchen die meteorologischen Processe vor sich gehen; und gerade in dem vorliegenden Falle glaube ich, dafs man nur durch ein sorgfältiges Studium der Momente, welche die Quellenbildung bedingen, der geognostischen Zusammensetzung und der Eigenthümlichkeiten der Gebirgsgruppen, aus welchen sie entspringen, Klarheit und Gesetzmäfsigkeit in die Erscheinungen ihrer Temperaturen bringen kann.

Die Entstehungsweise der Quellen wurde in neuerer Zeit aufmerksam verfolgt; diese Studien hatten durch die artesischen Brunnen eine ungemein practische Wichtigkeit erlangt, und eine consequente Induction hat uns in diesen unscheinbaren Dingen eine Reihe der interessantesten Aufschlüsse über grofse und folgenreiche Phänomene erkennen lassen. Ueber die Temperatur der Quellen haben

Alexander von Humboldt[1]), **Leopoldt von Buch**[2]), **Wahlenberg**[3]), **Erman**[4]), **Bischof**[5]), **Kupffer**[6]), **Kämtz**[7]) und Andere eine Reihe von Untersuchungen angestellt.

Für die Alpen hat vorzugsweise **Wahlenberg** i. J. 1812 sich sehr verdient gemacht. Seine Beobachtungen, welche er in der nördlichen Schweiz anstellte, sind uns sowohl durch ihre Zuverlässigkeit, als auch dadurch wichtig, dafs sie die Basis aller Bestimmungen über die Abnahme der Bodentemperatur mit der Höhe für diese Breiten geworden sind.

Die Principien der Quellenbildung sind gegenwärtig auf einfache mechanische Gesetze zurückgeführt worden, der hydrostatische Druck in communicirenden Röhren, und ein überall verzweigtes Netz von kleinen wasserhaltigen Spalten genügt, um das Phänomen der Quellenbildung in seiner Stetigkeit zu erzeugen. Das Wasser, welches in jedem Stollen herabträufelt, giebt uns Zeugnifs von diesen einfachen Quellenbildern; dafs diese Verhältnisse sich noch bis in die höchsten Regionen fortsetzen, haben uns die Bergwerke in der Gösnitz 5766', in der Rauris 7500' und auf der Gold-

1) Vorzüglich: *Sur les lignes isothermes: Mémoire de physique et de chimie de la société d'Arcueil.* 1817, *T. III* und an anderen Orten.

2) Physik. Beschreib. d. Canar. Inseln. Gilbert's Annal. 41. Poggendorff's Ann. Bd 12, S. 403 ff.

3) Gilbert's Ann. Bd. XLI. *De vegetat. et climat. Helvet. septentrional.* 1812. *p. LXI. Flora Carpath. p. XCIV.*

4) Quellen von Berlin. Abhandl. d. Academie. 1818—1819, S. 377 und Ad. Erman in Kämtz, Bd. II. Nachtrag S. 575 u. s. w.

5) Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers 1835. — Phys. und chem. Geologie. Bd. I. 1846.

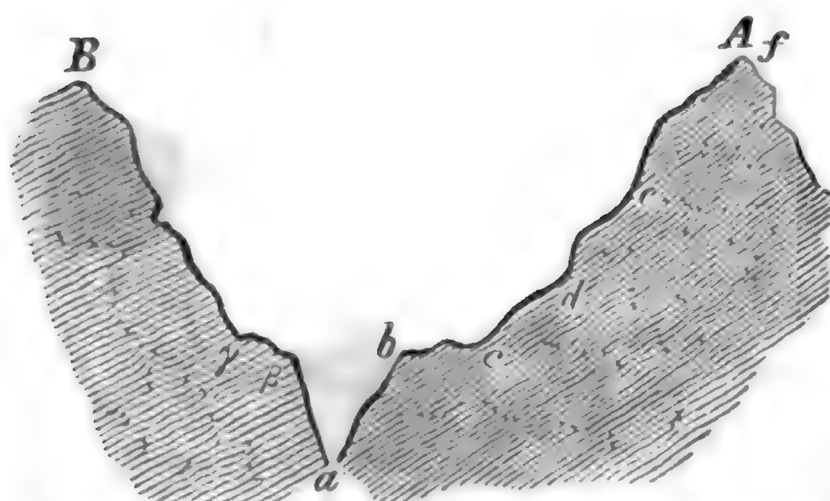
6) Pogg. Ann. Bd. 15, S. 159 und Bd. 32, S. 270. *Voyages dans l'Oural* 382—398. *Edinb. Journal of science, New Series Vol. IV. p.* 355. — *Mem. d. l'Acad. de St. Petersb. Class. phys. T. IV. p.* 67.

7) Meteorologie, Bd. II., S. 176.

zeche 8858′ bewiesen, wo schon 20 bis 30 Fufs vom Eingange entfernt, viel Wasser an den Wänden sichtbar wurde, obgleich die umgebende Felsschicht noch keine bedeutende Mächtigkeit erlangt hatte.

Als die einfachsten Quellen können wir diejenigen hervorheben, welche im directen Verhältnisse zur Lage und Neigung der Schichten stehen. In sehr vielen Theilen der Centralalpen, wenn die Schichten steil aufgerichtet sind, ist es eine nicht seltene Erscheinung, die eine Seite eines Bergzuges mit üppiger Vegetation bedeckt zu sehen, während die entgegengesetzten Abhänge ganz davon entblöfst sind. Forschen wir weiter, so hängt es mit dem Mangel oder Ueberflufs von Quellwasser zusammen und dieser ist nur durch die Schichtenstellung bedingt. Die atmosphärischen Wässer sammeln sich nämlich an den Schichtenflächen, und sickern in der Richtung derselben herab, bis sie an den Schichten*enden* in reichlichen Quellen zu Tage treten. Hingegen an den Seiten, wo die hoch erhobenen Schichten*köpfe* anstehen, herrscht grofser Wassermangel.

Dieser innige Zusammenhang mit der Lage und Neigung der Schichtenabsonderungen zieht sich als leitendes Princip durch die ganze Entstehung der Quellen in den Alpen hindurch; obgleich die Verhältnisse in der Natur selbst nicht immer so einfach und klar bleiben, als wir sie eben angedeutet haben. Eine wesentliche Modification bewirken hier vor allem die hohen Abfälle und die terassenförmige Gestaltung des Gebirges. Fast überall treffen wir am Fufse dieser Wände eine Reihe schöner Quellen, und nicht nur bei gröfsern Abdachungen, sondern auch ganz im Kleinen macht sich dieser Einflufs geltend. Der beiliegende ideale Durchschnitt wird uns dieses am besten erläutern.



Wenn die Schichtenenden in der Contour unsers Berges liegen, wie wir es in *A* angegeben haben, so können zwar auch an den gleichmäſsig geneigten Abhängen zwischen *cd*, *de* und *ef* Quellen hervorkommen, aber in der Natur werden sie dennoch hauptsächlich an Unregelmäſsigkeiten und Abfällen, vorzugsweise in *e* und *d* den ganzen Abhang entlang erscheinen. Wir begegnen dieser Erscheinung sehr häufig in vielen Centralalpen, so besonders schön am Wasserradkopfe im Möllthale und im Oetzthale an den Abhängen der Rofnerkögel oberhalb Fend. Es sind dort mehrere sehr markirte Absätze längs dem ganzen Berge, und wir haben ebenso viele Reihen von Quellen, welche sich dann bandartig durch die Wiesen herabziehen.

Ja, sie sind so vorzugsweise auf den Fuſs dieser Absätze beschränkt, daſs die Alpenhütte „am Rofnerberg", welche weiter unten auf den gleichmäſsig geneigten Abhängen steht, keine Quelle in der Nähe auffinden konnte, sondern das vorbeiflieſsende Bächlein benutzen muſs. Bei Temperatur-Bestimmungen hat dieses Verhältniſs das Unangenehme, daſs man oft, wie z. B. hier, sehr hoch hinaufsteigen muſs, bis man den Ursprung der Quellen erreicht.

In unserm Durchschnitte haben wir in *cba* eine jener terassenartigen Abstufungen, welche für die Schieferzüge in den Alpen sehr charakteristisch sind. Hier lassen sich allgemeine Regeln am schwierigsten aufstellen. Sehr häufig sind Quellen am Fuſse der höheren Abhänge in *e*, auch von *c* bis *b* treffen wir zuweilen einiges Wasser an, besonders wenn der Boden sehr uneben ist. Aber als sehr charakteristisch müssen wir jene Quellen nennen, welche häufig in *b* oder noch etwas unterhalb, gerade da hervor ommen, wo wieder die gröſsere Neigung beginnt.

Diese Erscheinungen bleiben sich im Allgemeinen ziemlich gleich, wenn auch die Schichtenköpfe anstehen, wie wir auf der Seite *B* sehen. Wir werden dann allerdings die Quellen noch weit mehr auf die Absätze beschränkt finden, auch fehlt dann meist jene Regelmäfsigkeit, dafs längs ganzer Absätze hin eine Reihe von Quellen neben einander zu Tage tritt; aber zwischen γ und β und bei β kommen ebenso gut Quellen vor als an den entsprechenden Punkten der andern Seite.

Wir müssen uns die Gründe dieser ganzen Art der Quellenbildung völlig nach den Gesetzen der communicirenden Röhren denken. Aber werden wir uns fragen, wie kommt es, dafs die Oeffnungen der kürzeren Schenkel gerade am Fufse dieser Absätze zu Tage gehen? Man sieht hier einen schönen Beweis dafür, wie wenig äufserlich und zufällig die Form und Bildung des Gebirges sey. Wäre sie blofs durch Erosionen des Wassers oder Abrutschungen entstanden, wie könnten dann die Mündungen der Quellen damit in Zusammenhang stehen? die verticalen Spaltungen würden sich ununterbrochen nach abwärts fortsetzen, und das Wasser sich dort in der Tiefe verlieren oder höchstens zuweilen nach der Richtung der Schichtenflächen hervorsickern. Aber derselbe Grund, welcher die Wandbildung, die Terrassen und Mulden veranlafste, hat auch die Richtung der Spaltungen bedingt, auf welchen jetzt die Entstehung der Quellen beruht. Ihre Krümmungen und Biegungen stehen in innigem Zusammenhang mit der Gebirgsform; an schroffen Wänden ziehen auch diese feinen Spalten sich rasch in die Tiefe, und wenn dann plötzlich sanft geneigte Plateaus oder flache Thalsohlen folgen, erleiden auch sie eine Umbiegung und führen ihre Wasser zu Tage; und diese Agentien sind dann so mächtig, dafs sie den Zug der atmosphärischen Niederschläge längs der Schichtenflächen zum Theil überwunden haben.

Es ist natürlich, dafs bei den grofsartigen Gebirgsverhältnissen der Alpen der Einflufs, welchen die Neigung ausübt, ein sehr bedeutender ist. Sie modificirt vorzüglich den Platz, an welchem eine bestimmte Quelle hervor-

treten soll. Auch stehen damit die Quellen im Zusammenhang, welche wir so häufig zur Seite der Alpenthäler am Fuſse der seitlichen Höhenzüge antreffen; eine Erscheinung, welche sich von den tief eingeschnittenen Thälern der Eisak, des Inn und der Möll bis hinauf zu den höchsten Regionen bemerken läſst. In Bezug auf ihre Mächtigkeit können natürlich diese Quellen sehr differiren; zuweilen treffen wir sie besonders am Fuſse hoher Wände sehr schön und stark, während sie da, wo sie in so groſser Anzahl aus den Schichten*enden* hervorkommen, meist kleiner sind, so daſs man bei Temperaturbestimmungen sehr vorsichtig seyn muſs. Dort ist es auch eine sehr häufige Erscheinung, daſs bei reichlichen atmosphärischen Niederschlägen manche an Punkten zu Tage treten, die sonst wasserleer sind.

Sind auch solche Quellen für die Temperatur-Bestimmungen nicht wohl zu gebrauchen, so können sie doch für die Vegetation von groſser Wichtigkeit werden. Ja, der Zusammenhang des Gedeihens der Pflanzen mit dem Wasserreichthum ist so innig, daſs wir umgekehrt öfter aus der Vegetation interessante Fingerzeige über das Vorhandenseyn und die Vertheilung von solchem Wasser erhalten können. So ist z. B. der Wasserradkopf in seinen obern Theilen ganz kahl und pflanzenlos, plötzlich mit dem Quellenreichthume tritt eine ungemein üppige Vegetation von Hochwiesen ein, welcher zu den ausgezeichnetsten ihrer Art gehören. Schon von weitem ist dieses Verhältniſs sichtbar, und die grüne Linie der Wiesen schneidet sich scharf von den braunen Tönen der nackten Gneiſslager ab, ohne daſs in der veränderten Neigung oder Exposition eine genügende andere Erklärung gefunden werden könnte. Die schmalen Bäche allein, welche sich durch jene Wiesen herabziehen, könnten den Boden nicht so reichlich tränken. Sie verschwinden gegen die Dimensionen der Abhänge, da sonst ein Wasserstrahl, höchstens $\frac{1}{2}$ Quadratfuſs im Verticaldurchschnitt, zu beiden Seiten einen Raum von mehr als 300 Fuſs Breite befeuchten müſste, eine Sache, die doppelt unmög-

lich wird, da das feste Gestein unmittelbar ansteht und die einzig leitende Humusschicht sehr dünn ist.

Ich glaube im Gegentheile den Grund dieser üppigen Vegetation in einer Befeuchtung suchen zu müssen, welche zwar weniger auffallend aber allgemeiner und folgenreicher ist. In den Bergwerken treffen wir nicht nur eigentliche Quellen, sondern auch viele ungemein kleine Wasserabsonderungen, welche tropfenweise aus den Ritzen des Gesteins hervortreten. Man darf nicht glauben, dafs diese Verhältnisse nur auf die tiefer gelegenen Bergwerke, deren Decke weit mächtiger ist, beschränkt seyen, denn wir haben sie selbst noch in Stollen der Gösnitz, Rauris und Fleufs bei 5766, 7500 und 8858 Fufs beobachtet. Ganz dasselbe tritt hier unverkennbar auch nach der Aufsenseite der Berge ein. Die Schichtenflächen werden stets mit etwas Feuchtigkeit angefüllt seyn, und an den Schichtenenden, wo alle Bedingungen des zu Tagetretens so günstig sind, wird dieselbe allenthalben hervorsickern, zwar in ganz kleinen und unmerkbaren Fäden, aber bedeutend genug, um den Boden feucht zu erhalten, und die Vegetation wesentlich zu beleben. Zu den mechanischen Momenten dieser Bewässerung kommt noch der Umstand, dafs diese feinzertheilten Wasserfäden dem Gesteine sehr viele Berührungspunkte bieten, und so reicher an anorganischen Bestandtheilen sind.

Als eine dritte Reihe von Quellen möchte ich noch jene erwähnen, welche von der Richtung der Schichten fast ganz unabhängig sind und mit der Configuration der Oberfläche, vorzugsweise mit der Thalbildung so sehr zusammenhängen, dafs wir dadurch oft Criterien bekommen, aus dem blofsen Anblick über die Wahrscheinlichkeit einer Quellenbildung an einem gegebenen Punkte zu entscheiden. Als besonders charakteristische Erscheinungen dieser Art können wir No. 11 und 17 der Tab. II betrachten, den „Petersbrunnen" die „Johannisquelle". Bei beiden sehen wir eine kleine Mulde, in welcher sich eine Furche, ein Einschnitt, gleichsam als Mittellinie herabzieht; in ihm liegt bei solcher Ter-

rainbildung stets der Ursprung der Quelle. Diese Furche hängt aufs Innigste mit der Bildung der Mulde zusammen; alle Wasserfäden im Innern müssen sich in dieser Linie sammeln, und treten dann an einer Stelle, wo der Widerstand geringer ist, oder eine bedeutende Aenderung der Neigung vor sich geht, als reiche Quellen zu Tage. Die Oeffnungen sind sehr weit; verfolgen wir dieselben nach Innen, so finden wir, dafs sie nicht horizontal in den Berg verlaufen, sondern einen gewissen Parallelismus zur äufsern Furche beibehalten. Jedoch steht überall das feste Gestein an, und die Temperatur war die beste Bestätigung, dafs wir es nicht mit oberflächlichen Quellen zu thun hatten. Die Oeffnungen derselben sind sehr grofs, als die Folgen des constanten ganz unveränderten Ausflusses gerade an dieser Stelle. Wenn auch viele kleinere Quellen ihre Austrittsstellen sehr oft wechseln, so ist diefs hier nicht der Fall. Und dann wird die einfache aber stetige Kraft der Erosion genügen, um das Flufsbett immer tiefer zu legen. Charakteristisch ist auch in den meisten derselben der feinkörnige Sand, welcher den Boden bedeckt. Seine Quarz- und Glimmerblättchen sind der Rückstand der chemischen Zersetzung, welche die Felsen durch das Quellwasser erfahren haben. Wir haben bisjetzt hauptsächlich nur die Gebirge der krystallinischen Schiefer im Auge gehabt, die Erscheinungen, welche wir bei den Kalkalpen bemerken, sind den eben mitgetheilten Thatsachen im Allgemeinen analog. Jedoch tritt die Schichtenabsonderung hier weit deutlicher und einflufsreicher hervor, vor allen aber ist es die grofse Zerklüftung und Spaltenbildung des Gesteins, welche sehr bedeutende und merkwürdige Anomalien hervorruft.

Diese Zerklüftung ist eine bekannte Thatsache; ich brauche nur an die Erscheinungen beim Zirknitzersee, an das Verschwinden vieler Flüsse im Kalke des Karstes und des Jura und an die unbezweifelten Thatsachen zu erinnern, dafs hochgelegene Alpenseen tiefer entspringenden starken Quellen oft die directe Nahrung liefern. Diese Erscheinung hat auf Entstehung aller Quellen grofsen Einflufs. Der

Kalk bildet in den Alpen ungemein hohe steile Wände und fällt jäh in die Thäler ab, die meist weit weniger hoch liegen als die Thaleinsenkungen in den Ketten des Schiefers; nehmen wir hierzu die enorme Zerklüftung des Gesteins im Innern, und was ist natürlicher, als dafs die Quellwasser hier aus grofsen Höhen sich vereinigen, rasch im Innern der Wände herabstürzen und dann als starke Wassermassen mit einer Temperatur zu Tage treten, welche sie noch aus den höheren Regionen mitgebracht haben [1]).

Diefs ist eine sehr charakteristische Eigenthümlichkeit, die Folge davon ist, dafs im Kalk die Quellen im Allgemeinen seltener sind, weil sich das Wasser concentrirt, und dafs gerade diese reichen Quellen oft grofse Störungen in dem Gange der Temperaturabnahme hervorbringen. Wir finden alle diese Verhältnisse bei den Quellen der Isar so schön ausgedrückt, dafs ich mir nicht versagen kann, bei denselben hier einige Augenblicke zu verweilen. Die erste Quelle der Isar entspringt im oberen Ende des Lafatschthales in Tirol bei einer Höhe von 5727,7 Par. Fufs. Sie befindet sich in der Thalsohle, hinter ihr erhebt sich ein weniger bedeutender Rücken, aber zu beiden Seiten, vorzüglich zur Linken, haben wir mächtige senkrechte Kalkwände, die am Speckhorn noch bis zu 8153′ reichen. Dabei sind auch die Schichten ungemein steil aufgerichtet, kurz alles trägt dazu bei, das Wasser rasch in die Tiefe zu führen. Dort tritt es in mehreren Mündungen zu Tage, von denen der Hauptstrom 3,4° C. zeigte. Die kleineren Quellen waren theilweise wärmer, wohl deswegen, weil ihre geringere Wassermasse leichter die Temperatur der tieferen Gesteinschichten, durch die sie zuletzt kamen, annehmen konnte. Sie zeigten 3,5, 3,8, 4,0° C.; ja einige, die einen etwas verdeckten und nicht ganz originellen Ursprung hatten, waren 5,8 und 5,9. Bei den Berechnungen der Quellentemperaturen konnte natürlich nur die Angabe berücksichtigt werden, welche die meisten Quellen und vorzugsweise der Hauptarm zeigte.

1) Vergl. Leopold v. Buch: Geognost Beobachtungen auf Reisen in Deutschland u. s. w. Bd. 1. S. 219.

Verfolgen wir jetzt das Lafatschthal, etwa eine Meile nach abwärts, so treffen wir wieder eine plötzliche Senkung von 500 Fuſs Höhe, da, wo sich dasselbe mit dem Hinterkahre vereinigt, um dann das Hinterauthal zu bilden. In der Nähe dieses Abhanges zeigt der Kalk viele Zerklüftungen, daher kömmt es, daſs im Hochsommer, wenn die Quelle ohnedem schwächer flieſst [1]), hier das schwache Bächlein völlig verschwindet. Aber unten im Thale, wo ein schöner Boden „im Kasten" sich ausbreitet, dringen ungemein reichlich die zweiten Quellen der Isar hervor. Ihre Entstehung ist ganz analog jener von No. 1, nur noch weit prägnanter und auffallender. Die relative Höhe der umstehenden jähen Abdachungen beträgt mehrere tausend Fuſs; ihre Wasserfäden scheinen sich unten im Thale zu sammeln, und treten dann in so groſser Anzahl und so heftig zu Tage, daſs sie sogleich einen ansehnlichen Bach bilden. Es sind dieſs die stärksten Quellen, welche ich je gesehen; diejenigen des Schiefers erreichen nie eine solche Mächtigkeit. Ihre Temperatur ist für ihre Lage sehr niedrig; 4,6, welche constant die gröſseren Quellen zeigten, die kleineren, welche unter Gerölle oder Moos hervordringen, kamen auf 5,0 bis 6,2. Eine andere Erscheinung, welche wir vorzugsweise im Kalke sehr schön entwickelt treffen, muſs ich hier noch erwähnen. Es sind dieſs deutlich ausgesprochene Rinnen welche sich in den mannigfachsten Formen und Ausdehnungen bald über sanft geneigte Abhänge, bald über steilere Wände herabziehen; in den meisten Fällen ist die Existenz von Quellen daran geknüpft. Die Gröſse und Mächtigkeit derselben hängt von der Ausbreitung der Rinnen und der Zahl der übrigen Quellen der nächsten Umgebung ab. Dabei kann man dieselben als alte Fluſsbette oft einige 100' weit mit etwas Geröll erfüllt, verfolgen, während doch erst weiter unten einige Quellen in denselben hervortreten. Die Erklärungsweise ist ganz einfach die, daſs in trocknen Zeiten die atmosphärischen Wasser tief hernie-

1) Ganz versiegen soll sie nach den bestimmten Aussagen der nahewohnenden Alpenhirten niemals.

dersinken, ehe sich eine hinlängliche Masse sammelt, um als Quelle hervortreten zu können. In nassen Perioden dagegen sind die unteren Kanälchen sehr überreich mit Wasser angefüllt; die neuen Niederschläge werden sich daher schon in den obern Schichten ansammeln und so Quellen viel weiter oben bilden, deren leere Flufsbette wir dann im Sommer treffen. Bemerkenswerth ist dabei immerhin die Gesetzmäfsigkeit in Beibehaltung derselben Rinne, welche uns dieses Beispiel nachweist.

Da wir jetzt die wichtigsten Momente der Quellenbildung ausführlicher untersucht haben, möchte ich noch gerne eine interessante Frage berühren, bei welcher Höhe Quellen in den Alpen noch vorkommen können? eine Frage, welche auch für die Untersuchungen über ihre Temperaturen von Wichtigkeit ist, indem sie entscheidet, bis zu welchen Gränzen wir die Abnahme derselben werden verfolgen können. Wir brauchen erstens ein gewisses Areal, welches die atmosphärischen Niederschläge aufnimmt, und irgend eine relative Erhebung, an deren Fufs die im Innern gesammelten Wasserfäden zu Tage kommen können. Es beträgt aber die durchschnittliche Höhe der Alpengipfel ersten Ranges 12000 Par. Fufs und darüber; 1000 Fufs relative Höhe könnte man wohl als ganz hinlänglich zur Quellenbildung betrachten, da in niederen Gebirgen oft schon einige 100 Fufs genügen. Und doch glaube ich, dafs man in den europäischen Alpen schwerlich eine Quelle bei 10000 Fufs über dem Meere treffen kann. Den Grund davon dürfen wir nicht nur in der Gestaltung des Gebirges, sondern auch in den klimatischen Verhältnissen suchen.

Die Form der atmosphärischen Niederschläge ist in jenen Höhen der Quellenbildung nicht sehr günstig. Sie sind weniger heftig als in der Tiefe, bestehen meist aus feinen Schneeflocken, und vorzugsweise aus dem starken Thau und Reif, welcher sich beständig an die kalten Alpengipfel niederschlägt. Und dieser dient nur dazu, die grofsen Firnmassen zu vermehren, oder er wird an nackten Felsen durch die Verdunstung rasch wieder entführt. Diese Verdunstung

ist so grofs, dafs es nichts seltenes ist, schwache Wasserfäden, welche sich aus geschmolzenem Schnee bilden und über hohe Felsenwände herabziehen, völlig verschwinden und verdunsten zu sehen, bevor sie noch die Tiefe erreicht haben. Da, wo durch directe Besonnung die Temperatur der Felsen auf 30 und 50° erhöht [1]) wird, geht diese Verdunstung besonders ungemein auffallend vor sich.

Hiezu kommt noch, dafs wir zwar einige tausend Fufs relative Höhe haben, aber bei diesen hohen steilen Alpengipfeln bleibt doch der Cubikinhalt des Gebirges verhältnifsmäfsig klein und der Quellenbildung ungünstig. Die Daten über das oberste Vorkommen derselben sind nur sehr wenige. Die höchste, welche wir kennen, ist bei 8858 P. F. in einem Stollen der Goldzeche in dem grofsen Fleufs in Kärnthen. Unter den ins Freie austretenden folgt zunächst jene von der Salmshöhe bei 8223. Sie entspringt, wie man erwarten durfte, gerade da, wo die gröfsten Erhebungen sind, am Fufse der Glocknerkämme, welche sich als mächtige Gebirgsmassen bis zu 12000 Par. Fufs zur Seite eines der höchsten Alpenthäler erheben, das bei 8500' Fufs noch eine schön ausgesprochene Thalsohle hat.

Von dieser Höhe abwärts wird man dann schon mehrere Quellen treffen; aber immer sind sie noch weit spärlicher als tiefer unten in den alpinen und subalpinen Regionen. Eine der interessantesten, der wir begegneten, der Höhe nach die dritte, war am Hochthor, zwischen dem Thale des Rauris und der Möll, in dem Hauptkamme der Tauernkette bei 8120 Fufs. Zu beiden Seiten erheben sich kleinere Gipfel kaum bis zu 9800 Fufs. Der Pafs selbst ist durch eine ziemlich flache Einsattelung gebildet, an deren höchster Stelle eine kleine Quelle aus einer senkrechten Oeffnung in die Höhe steigt. Sie erhebt sich 4 bis 5 Centm. über den Boden und zeigt somit deutlich, dafs sie ihre Schenkel in den seitlichen Anhöhen hat. Nur in sehr heifsen Sommern soll sie so wenig über den Boden

1) Wir fanden dieselbe in der Nähe der Adlersruhe am Grofsglockner bei 10820 Fufs noch zu 35 Grad C.

sich erheben, dafs man Mühe hat, Trinkwasser aus ihr zu erhalten. Wir können also die Gränze der Quellen für die Centralalpen zwischen 8500 und 9000 Par. Fufs annehmen; setzen wir die mittlere Gipfel- und Kammhöhe zu 10500 — 11000, so erhalten wir als Abstand der Quellengränze 2000 Fufs. Da die Gränze mit der Höhe des Gebirges zusammenhängt, so mufs sie in dem nördlichen Kalkalpenzuge, der bedeutend niederiger ist, schon deswegen weniger hoch seyn, ich glaube dort 6000—6500 Fufs als Gränze setzen zu dürfen. Die mittlere Gipfel- und Kammhöhe zwischen 7800 Fufs und darüber angenommen, erhalten wir eine Differenz von 500 Fufs. Diese ist hier auffallenderweise kleiner, als beim Schiefer, während wir doch oben gesagt haben, dafs gerade durch die steile Wandbildung des Kalks die Quellen in grofse Tiefen stürzen und oft zu kalt zu Tage treten. Der Widerspruch löst sich, wenn wir bedenken, dafs die beiderseitigen Verhältnisse nicht vergleichbar sind. Die Kalkberge reichen nicht bis in jene eisigen Regionen, wo durch die Kälte und das Schneewasser beim Schiefer der Centralalpen eine so bedeutende Depression der Quellengränze bewirkt wird; und vergleichen wir sie mit Schiefergebirgen ähnlicher Gröfse, z. B. mit den Gebirgszügen am Brenner, mit dem Jaufen und Timbls, so finden wir ein anderes Verhältnifs. Dort commen zuweilen schon Quellen kaum 500′ unter den Gipfel und Kammhöhen vor, der Abstand wird im Maximum 1000′ und unsere Behauptung ist vollkommen bestätigt. Wir können also sagen, die Gränze der Quellen steht in directer Beziehung zur Höhe der Gebirge; bei sehr grofsen Erhebungen kann jedoch dieses Verhältnifs, modificirt durch den Einflufs des Klima's und der Gebirgsform, nicht ungestört fortgehen. Ferner ist dieser Abstand der Quellengränze von der mittleren Gipfel- und Kammhöhe im Kalke gröfser als im Schiefer, vorausgesetzt, dafs die verglichenen Gebirgszüge gleiche Höhen haben.

Bei den Untersuchungen über die Temperatur der Quellen wird wohl jene Frage die erste seyn, ob wir die Wärme derselben als etwas Constantes betrachten können, dessen Bestimmung für allgemeine geothermische Verhältnisse wichtig ist. Es ist bekannt, dafs die Temperatur des Bodens von der Wärme der Luft abhängig ist, sie zeigt daher auch Schwankungen wie die letztere; mit der zunehmenden Tiefe werden jedoch die Oscillationen immer weniger deutlich, und im Mittel finden wir, dafs die täglichen Schwankungen der Lufttemperatur bei 3,86 Fufs und die jährlichen bei 73,33 Fufs aufhören sich geltend zu machen [1]). Diese Tiefen selbst sind sehr veränderlich, wobei die Beschaffenheit der Bodenart den wesentlichsten Einflufs zu haben scheint. Jedoch diefs ist für alle sicher, dafs wir beiläufig in jenen Tiefen eine constante Bodentemperatur erhalten, als den Endausdruck der gesammten klimatischen Verhältnisse eines Ortes. Diese constante Temperatur zu bestimmen mufs offenbar das gröfste Interesse haben. Ausgezeichnete Physiker haben diese Verhältnisse in neuerer Zeit mittelst einer Reihe in den Boden eingesenkter Thermometer untersucht und ihre Arbeiten haben sehr vieles Licht darüber verbreitet. Ich bin überzeugt, dafs solche Beobachtungen, wenn wir sie an verschiedenen Punkten der Erde, in den verschiedensten geognostischen und klimatischen Verhältnissen durchführen werden, eine Reihe der denkwürdigsten und wichtigsten Thatsachen ergeben. Indem wir wünschten, bei unsern physikalischen Arbeiten in den Alpen zu diesen Untersuchungen ebenfalls einige Beiträge zu liefern, haben wir geglaubt, in der Temperatur der Quellen ganz passende Angaben zu finden.

Die Frage über die absolute Identität der Quellen- und Bodentemperaturen, und über den Einflufs der atmosphärischen Niederschläge will ich hier nicht näher erörtern, da es uns nicht möglich war durch Bohrversuche in den festen Gesteinen Beobachtungen zu machen. Jedenfalls zei-

1) Nach Studer's physik. Geograph. und Geolog.

gen unsere Daten, dafs wir ein Phänomen, bei welchem wir einen so innigen Zusammenhang mit den Gesetzen der allgemeinen meteorologischen Processe in den Alpen und den Veränderungen der Pflanzenwelt bemerken, unmöglich vernachlässigen dürfen. — Ein anderer Einwand, den man zuweilen gemacht hat, ist der, dafs diese Angaben nicht ganz zuverlässig seyen, indem sie theils grofse Differenzen der Temperatur nach den Jahreszeiten ergaben, theils durch viele andere locale Erscheinungen mannigfach verändert würden. Es scheint mir jedoch, dafs man sich hierdurch die Unregelmäfsigkeiten, welche uns in der Natur allerdings im ersten Augenblicke sehr störend beginnen, zu schnell abschrecken liefs. Vor allem mufs man zwischen den bedeutenden Anomalien durch Insolation des Wassers und des Gesteins und den eigentlichen localen Störungen unterscheiden, welche selbst durch die sorgfältigste Beobachtungsmethode nicht ganz entfernt werden können. Auch ist es nöthig, eine gröfsere Reihe zusammenhängender Daten zu haben, um allgemeine Folgerungen zu wagen. Wir werden so zu Resultaten gelangen, welche unser volles Vertrauen verdienen, und um so mehr Interesse daran finden, so wichtige Phänomene, wie sie uns die Entstehung und Temperatur der Quellen in jeder Beziehung darbieten, aufmerksam zu analysiren. Unter den Anomalien, welche wir bei der Temperatur der Quellen bemerken, sind bei Gebirgen von bedeutender Mächtigkeit und Neigung vor allem jene zu berücksichtigen, welche wir früher als abhängig von der geognostischen Zusammensetzung dargestellt haben. Eine andere Störung konnte durch aufsteigende Quellen bewirkt werden, welche theilweise durch die Temperatur der unteren Gesteinschichten, theils durch locale chemische Processe verändert sind. Jedoch glaube ich, dafs solche Perturbationen in den Alpen nicht besonders zu fürchten seyen, da die homogenen ausgebreiteten Gesteinmassen auch constantere regelmäfsigere Quellenbildungen erzeugen, als da, wo in späteren Formationen Strata von

sehr verschiedener wasserhaltender Kraft mit einander wechseln und mannigfache Hebungen bedeutende Ablenkungen im Laufe der unterirdischen Gewässer hervorbringen mufsten. Vor allem wichtig ist die Frage: ob die Temperatur der Quellen das ganze Jahr völlig gleichmäfsig sey, oder ob sich einige, wenn auch schwache Oscillationen in demselben bemerken lassen. Wir besitzen nur für wenige Quellen ausführlichere Beobachtungen, von denen vor allem jene von Erman [1]) und Wahlenberg wichtig sind. Eine längere Reihe von Daten für alpine Quellen ist mir nicht bekannt. Wir haben so viel als möglich etwaige Schwankungen zu berücksichtigen gesucht, konnten aber bei den wenigen Wochen der einzelnen Reihen nur sehr geringe Oscillationen beobachten. Ich glaube, dafs dieselben gröfstentheils mit dem umgebenden Gestein zusammenhängen, und der feste Felsen, welcher überall in den Alpen ansteht, wird den Einflüssen der Witterung und der warmen Sommerregen eine weniger bedeutende Wirkung gestatten als ein loser Kies- oder Lehmboden. Einige unserer Quellen wurden zu zwei verschiedenen Jahren, sehr viele wiederholte Male beobachtet. Die bedeutende Höhendifferenz, welche zwischen den einzelnen Quellen herrscht und im Maximum (höchste Quelle 8858, niedrigste 1500) 7300 Fufs beträgt, wird nicht wenig dazu beitragen, kleinere Unregelmäfsigkeiten für die Darstellung allgemeiner Gesetze verschwinden zu machen. Eine ungleich gröfsere Fehlerquelle kann in der Methode der Temperaturbestimmung liegen. Es ist schwer, vorsichtig genug zu seyn. Vor allem ist nöthig, dafs die Quelle ganz origional sey, das heifst frei aus den Boden hervortrete, grofs genug, um den Einflüssen der oberflächlichen Bodentemperatur zu widerstehen. Sobald sie nur eine ganz kleine Strecke durch Geröll oder Erde, welche den eigentlichen Ursprung derselben im festen Gestein überdeckt, oder durch Wiesenstücke gekommen ist, so hat die bedeutende Wärme dieser obersten Schicht, welche der ganzen Kraft der

1) Erman, Quellen von Berlin. Abhandl. d. Acad. 1818—1819.

der Insolation ausgesetzt ist, einen bedeutenden Einflufs. Es lassen sich dort bei verschiedenen Tageszeiten und jedenfalls bei sehr anomalen Witterungsverhältnissen stets deutliche Oscillationen bemerken. Da, wo eine Quelle mit mehrfachen Mündungen hart neben einander zu Tage kommt, ist Vorsicht nöthig; diese Verästlungen finden oft erst an der Oberfläche unter grofsen Felstrümmern statt. Wir beobachten dann stets alle Zweige, um aus der Uebereinstimmung derselben die Richtigkeit der Angaben zu beurtheilen. Aber auch grofse starke Quellen wie die Johannisquelle können uns täuschen; wenn wir hier das Thermometer am eigentlichen Ausflusse anführen, erhalten wir die Temperatur um 0,1 bis 0,2° C. zu hoch, bei diesen gröfseren Oeffnungen können die directen und reflectirten Sonnenstrahlen $\frac{1}{2}$ bis 1 Fufs in das Innere dringen; sie erwärmen dann den Felsen, wenn auch nur sehr oberflächlich, und unsere Bestimmung wird ungenau. Es ist unglaublich, wie schnell das Wasser, wenn es über von der Sonne beschienenen Steinen läuft, eine höhere Temperatur annimmt. Wir haben daher bei allen Quellen und vorzüglich bei jenen, wo schon von Natur gröfsere Oeffnungen vorhanden waren, die Temperaturen so weit als möglich im Innern bestimmt. Eine wesentliche Regel ist, die Bestimmung nicht an einem einzigen Orte zu machen; wir haben das Thermometer an 5 bis 6 Punkten, bald weiter innen, bald weiter nach aufsen eingeführt, um uns zu überzeugen, dafs wir schon Punkte erreicht haben, wo der Einflufs der oberflächlichen Insolation völlig verschwunden sey. Bei kleineren Quellen ist es daher sehr nöthig, sich den Ausflufs derselben frei zu machen. Wir benutzten dazu den Alpenstock, mit dem man leicht eine Oeffnung herstellen kann, der Art, dafs das Wasser frei ausfliefst und das Thermometer bequem angebracht werden kann. Das letztere mufs vor allem gehörig abgekühlt, nämlich längere Zeit in dem Wasser gelassen, ja, wo möglich völlig in dasselbe eingetaucht werden. Auch wandten wir stets die bekannte Vorsicht an, dasselbe

ein Mal bedeutend über die Temperatur, das zweite Mal durch Befeuchten und Verdunstenlassen unter die Temperatur der Quelle zu bringen, und begnügten uns, nur wenn beide Beobachtungen ganz dasselbe Resultat gaben. Das Ablesen bietet zuweilen einige Schwierigkeiten; jedoch an den stark geneigten Abhängen des Gebirges ist es nicht schwer, dieses zu thun, während noch die Thermometerkugel völlig in der Quelle steht, besonders wenn der zweite Beobachter abliest, während der andere das Thermometer hält und auf seine senkrechte Stellung Acht hat. Wo diefs nicht möglich ist, kann man allerdings auch das Thermometer einige Zoll über das Wasser schnell zum Ablesen herausheben; mit gehöriger Sorgfalt differiren diese so erhaltenen Resultate durchaus nicht von den vorhergehenden. Vor allem wichtig ist, dafs man das Verfahren öfter wiederholt, darauf gründen sich wohl alle Vorsichtsmafsregeln bei der Bestimmung der Quellentemperatur, dafs durch Beobachtungen in den verschiedenartigsten Verhältnissen die wahre Temperatur der Quellen mit Gewifsheit herausgestellt werde. Die Dauer einer Beobachtung mufs ich im Durchschnitt zu 30 bis 40 Minuten angeben. Wir haben uns dazu unserer gewöhnlicher Thermometer bedient, in Fünftel Grade Celsius getheilt; die Zehntel durch Schätzung abgelesen. Die Instrumente waren alle sorgfältig verglichen. Am vortheilhaftesten fanden wir es, dieselben zu diesem Zwecke sehr compendiös einzurichten, sie reichten nur ein paar Grade unter und 25 Grade über den Nullpunkt, so dafs sie in einem soliden hölzernen Futteral noch in eine Rocktasche gesteckt werden konnten.

Es sind diese Taschenthermometer sehr bequem, da man sie bei allen Bestimmungen von Wassertemperaturen und Quellen aller Art so oft benutzen mufs; aber diese Quellen sind ihnen auch sehr gefährlich. Wir hatten z. B. im Jahre 1848 vier derselben bei uns, und noch vor Beendigung unserer Reise waren sie zerbrochen, und wir mufsten uns mit unserem gewöhnlichen längeren Thermometer behelfen. Die ausführliche tabellarische Zusammenstellung unserer Beobachtungen habe ich am Ende dieser Abhandlung ge-

geben. Wenn wir sie alle blofs nach der Höhe an einander reihen wollten, würden wir ein sonderbares Gewirre widersprechender Thatsachen erhalten. Ich habe absichtlich alle wichtigen Nebenumstände angegeben; auch glaube ich durch genaue Bezeichnung der Localitäten die Auffindung wesentlich erleichtert zu haben, und es würde mich sehr freuen, wenn dadurch andere Physiker später an denselben Quellen Beobachtungen anstellen könnten. Wenige Worte werden zur Erläuterung der Tabellen genügen.

No. I. *Nördliche Kalkalpen.* Beobachtungen aus der Hochebene um München, dem Isarthale und der Benedictenwand; in Bezug auf ihre Entstehung sind hier die interessantesten Quellen, die der Isar, welche wir schon früher besprochen haben.

No. II. *Centralalpen. Tauern.* — Ich habe hier die Beobachtungen aus der östlichen Fortsetzung der Centralalpen, den Tauern, zusammengefafst. Sie sind aus den höchsten Theilen derselben, in der Umgegend des Grofsglockner.

No. III. *Centralalpen, Umgebungen des Jaufen.* Hier habe ich einige Beobachtungen gegeben, welche wir im September 1848 in den niederen Theilen der Centralkette, zwischen Sterzing und dem Oetzthale auf dem Jaufen und Timbls angestellt haben; die mittlere Höhe der Gipfel und Kämme ist hier um 1000 bis 2000 Fufs geringer als bei der vorhergehenden Gruppe.

Nr. IV. umfafst Daten längs dem Südabfalle der Alpen, im Puster- und Eisackthale, die Quellen kommen aus Gneifs Glimmerschiefer und Kalk.

No. V. Einige fremde Beobachtungen zur Vergleichung mit den unserigen. Vor allem sind hier die 19 Daten Wahlenbergs aus der nördlichen Schweiz zu erwähnen.

Auch bei Unger [1]) und Oswald Heer [2]) finden sich

1) Ueber den Einflufs des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse; von Prof. Unger. 1836. St. 10.

2) Fröbel und Heer, Mittheilungen aus dem Gebiete der theoretischen Erdkunde. 1836. St. 29 u. f.

einige interessante Beobachtungen, von denen ich jene aus dem nordöstlichen Tyrol von Unger zur Vergleichung mit unseren Kalkalpen angeführt habe. Genaue Höhenangaben sind bei solchen Untersuchungen unerläfslich; unsere Berechnungen gründen sich alle auf barometrische und hypsometrische Bestimmungen, welche wir selbst mit aller Sorgfalt ausgeführt haben. Die Gesammtzahl unserer Beobachtungen, welche ich hier mittheile, beträgt 37. Um diese Daten zu erhalten, war es aber nöthig, in der Natur selbst eine weit gröfsere Anzahl von Beobachtungen anzustellen. Wie oft bemüht man sich lange Zeit die Temperatur einer Quelle zu erhalten, und später zeigt uns dann der Vergleich, dafs dieselbe doch nicht frei von äufserem Einflusse gewesen sey. Von vorn herein lassen sich diese Verhältnisse nicht absolut erkennen und bei der Seltenheit schöner, für Temperaturbestimmungen brauchbarer Quellen darf man jede Gelegenheit zu Beobachtungen benutzen, wenn auch nur einige derselben später zu den gewünschten Resultaten führen. Ganz unbrauchbar bleiben uns jedoch auch diese Daten nicht; sie geben uns Aufschlüsse über die Kraft der Insolation, und verglichen mit den Temperaturzunahmen gröfserer Wassermassen, der Gletscherbäche und der Hochalpenseen, können wir auch aus ihnen einige wichtige Resultate für die meteorologischen Zustände der Alpen erhalten. Es würde mich über die Gränzen der vorliegenden Abhandlung hinausführen, diese Dinge hier abzuhandeln, und ich hoffe sie später ausführlicher mittheilen zu können.

Wenn wir allgemeine Gesetze aus unseren Daten ableiten wollen, so glaube ich zunächst zwei Richtungen der Betrachtung unterscheiden zu müssen. Wir können die Quellen verschiedener Länderstriche und Gebirgszüge unter sich vergleichen, und untersuchen, welchen Einflufs die geographische Lage und die geognostischen Formationen auf die Temperatur derselben ausüben. Ferner können wir den grofsen Einflufs der Höhe berücksichtigen und die Temperaturabnahme mit der Erhebung untersuchen. Ich will die letztere dieser wichtigen Fragen hier zuerst behandeln,

da unsere Beobachtungen vorzüglich zu diesem Zweck angestellt wurden; die andere allgemeinere Vergleichung werde ich am Schlusse vornehmen.

Man nimmt gewöhnlich nach dem Vorgange von Kämtz an, dafs man sich in den Alpen 160 Toisen oder 960 Par. Fufs erheben müsse, um die Quellentemperatur um 1° C. fallen zu sehen. Das Gesetz ist aus den 19 Daten Wahlenbergs hergeleitet und Kämtz selbst beklagt sich, dafs dasselbe wegen der geringen Anzahl von Daten nur sehr approximativ sey. Wir werden sehen, dafs es für ganz allgemeine Verhältnisse einen guten Anhaltspunkt gewährt; versuchen wir aber es auf specielle Fälle anzuwenden, so bemerken wir, dafs es in der Natur eine Reihe von Modificationen erfährt. Ich will diese Abnahme ins Einzelne verfolgen und die verschiedenen Gruppen gesondert behandeln, indem ich zunächst mit den Centralalpen beginne, da wir hier die vollständigste Reihe von Beobachtungen besitzen. Vor allem sollten uns unsere Beobachtungen über jene Frage Aufschlufs geben, ob die Abnahme der Bodentemperatur in einer gleichmäfsigen arithmetischen oder geometrischen Progression vor sich gehe, oder ob auch sie, wie die Pflanzenregionen, einen anderen aber dessenungeachtet noch immer gesetzmäfsigen Gang befolge. Ich glaube das Letztere aus den folgenden Beobachtungen sehr wahrscheinlich gemacht zu haben.

Tabelle No. 6. Centralalpen. — Tauern.

Tauern.

No.	Quelle.	Höhe.	Temp. ° C.	Erhebung für 1° C. verglichen mit	
				Heiligenblut.	d. nächst niedrigen Quelle.
1	Winklern	2878	6,7	—	—
2	Klamm. vor Döllach	3168	6,9	—	—
3	Pockhorn	3420	6,8	—	—
4	Heiligenblut	3940	6,7	—	—
5	Fuscherthal	4293	6,4	1177′	1177′
6	Briccius	4994	6,0	1506′	1750′
7	Kasereck	5130	5,8	1322′	680′

No.	Quelle.	Höhe.	Temp. ° C.	Erhebung für 1° C verglichen mit Heiligenblut.	Erhebung für 1° C verglichen mit d. nächst niedrigen Quelle.
8	Gößnitz	5256	5,4	1012′	315′
9	Gößnitz-Grube	5796	5,0	802′	1700′
10	Margaritze	6525	3,1	718′	383′
11	Petersbrunnen	6581	3,4	800′	— 19′
12	Trog	6850	4,2	1164′	— 392′
13	Freiwand	7020	3,1	855′	155′
14	Freiwand	7148	3,1	—	—
15	Wasserradkopf	7190	3,4	985′	—
16	Johannisquelle	7581	3,0	984′	975′
17	Hochthor	8128	1,9	876′	497′
18	Salmshütte	8223	2,7	1070′	— 12′
19	Goldzeche	8885	0,8	834′	334′

Tabelle No. 7.

A. Tauern. — Thalquellen.

No.	Quelle.	Höhe.	Temp.	Erhebung für 1° C. vergl. mit No.						
				2	4	6	9	12	15	16
2	Döllach	3168	6,9	0	3860	2030	1380	1360	1150	1130
4	Heiligenblut	3940	6,7	3860	0	1506	1856	1164	985	984
6	Briccius	4994	6,0	2030	1506	0	802	1031	842	862
9	Gößnitz-Stollen	5796	5,0	1380	1856	802	0	1310	871	892
12	Trog	6850	4,2	1360	1164	1031	1310	0	425	609
15	Wasserradkopf	7190	3,4	1150	985	842	871	425	0	975
16	Johannisquelle	7581	3,0	1130	984	862	892	609	975	0
18	Salmshütte	8223	2,7	1070	1070	978	1050	915	1476	2140

B. Tauern. Quellen an Wänden und auf Gipfeln.

No.	Quelle.	Höhe.	Temp.	Erhebung für 1° C. vergl. mit No.							
				4	5	7	8	10	11	13	17
4	Heiligenblut	3940	6,7	0	1177	1322	1012	718	800	855	876
5	Fuscherthal	4293	6,4	1177	0	1087	963	677	763	826	852
7	Kasereck	5130	5,8	1322	1087	0	315	517	604	700	769
8	Gößnitz-Abhänge	5256	5,4	1012	963	315	0	543	662	767	821
10	Margaritze	6525	3,1	718	677	517	543	0	— 19		1335
11	Petersbrunn	6581	3,4	800	763	604	662	— 19	0	480	1031
13	Freiwand	7020	3,1	855	826	700	767		480	0	923
17	Hochthor	8128	1,9	876	852	769	821	1335	1031	923	0
19	Goldzeche	8858	0,8	834	815	746	776	1011	876	800	664

Die Tabellen No. 6 und No. 7 enthalten die 19 hieher gehörigen Beobachtungen. Ich habe in der einen sämmtliche Quellen nach der Höhe folgen lassen, und die Erhebungen gegeben, welche der Temperatur-Abnahme von 1° C. entspricht, und zwar nach zwei Vergleichungspunkten. In der vorletzten Spalte wurden alle Quellen auf jene von No. 4 in Heiligenblut bezogen; während in der letzten Rubrik dieselbe Gröfse aus dem Unterschiede der einzelnen Quellen von der nächst tieferen gefunden wurde. Der Parallelismus beider Angaben ist unverkennbar, aber während in der ersten Spalte der Gang der Temperaturabnahme im Allgemeinen sich zeigt, treten in der zweiten Spalte die Veränderungen, welche wir in verschiedenen Höhen begegnen, noch weit prägnanter hervor. Wir werden bei unseren Untersuchungen sehen, wie wichtig es für die Temperatur des Bodens ist, ob die Quellen auf freien Abhängen und Gipfeln, oder in Thälern beobachtet werden; wir haben in diesem Sinne die vorhergegangenen Beobachtungen in der Tabelle No. 7 getrennt, und bemerken sogleich innerhalb beider Gruppen eine weit gröfsere Regelmäfsigkeit, als da, wo alle Quellen vereinigt werden. Um diese Verhältnisse in allen Richtungen hervortreten zu lassen, gab ich die verticale Erhebung für die Temperaturabnahme um 1° C. aus der Vergleichung jeder Quelle mit allen vorhergehenden und nachfolgenden. Um die Uebersicht zu erleichtern, habe ich durchgehends dieselben Nummern beibehalten, unter welchen die Quellen in dem ausführlichen Verzeichnisse aufgeführt sind.

Die ersten vier Nummern bilden hier eine langsam aufsteigende Linie. Sie liegen sämmtlich in der Thalsohle des Möllthals; wir bemerken an ihnen einen auffallend geringen Unterschied der Temperatur, obgleich sie eine Höhenscala von 1000 Fufs durchlaufen. Dafs die erstere am Fufse sehr steiler Abhänge hervorsprudelte und daher wohl mit einer etwas zu tiefen Temperatur aus höheren Gegenden zu Tage trat, habe ich schon in der Tabelle bemerkt. Als Mittel für unsere vier Quellen zwischen 3000

und 4000 (2878 und 3940) erhalten wir 6,8; nehmen wir die Differenz zwischen No. 2 und 4, so erhalten wir hier 1° C. für 4500 Fufs Erhebung. Diese sonderbaren Erscheinungen werden aufhören uns in Erstaunen zu setzen, wenn wir bedenken, unter welchen Verhältnissen die vier Quellen vorkommen. Ich habe gesagt, dafs sie alle in der Thalsohle eines langsam aufsteigenden Alpenthales, unter übrigens ganz gleichen Verhältnissen, liegen, und wir haben gefunden, dafs in den Thälern alle Erscheinungen des Clima's und der Pflanzenwelt sich ungemein langsam ändern, warum sollen nicht auch die Temperaturen der Quellen, als das Resultat der ganzen meteorologischen Verhältnisse, eine solche Stetigkeit zeigen? Um den Beweis zu liefern für diese langsame Abnahme der Temperatur, welche durchgehends die Thäler im Gegensatze zu den freien Abhängen charakterisirt, müfste ich eine lange Reihe von meteorologischen Beobachtungen und vorzüglich von Vegetationsgränzen geben, welche über die Tendenz der vorliegenden Arbeit hinausgehen; ich will nur anführen, dafs wir dieses Gesetz selbst für den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre bestätigt gefunden haben [1]). Auf diese Weise erklären sich die constanten Temperaturen der angeführten Quellen sehr einfach; wir werden sehen, dafs diese Verhältnisse von Thal und Gipfel auch ferner noch sehr wesentlich seyn werden, um in anscheinend verworrenen Verhältnissen eine grofse Regelmäfsigkeit nachzuweisen. Zwischen 4000 und 5000 Fufs haben wir zwei Angaben. Die erstere Quelle liegt auf einem Abhange der Gebirgszüge zur Rechten des Fuscherthales. Die Höhendifferenz für 1° C. Temperaturabnahme beträgt im Vergleich zum vorhergehenden Punkte 1177 Fufs, es macht sich also schon hier der Einflufs des Abhanges geltend, indem diese Differenz merklich geringer ist als in dem Möllthale.

Die Quelle bei der Bricciuskapelle befindet sich wieder in der obern Fortsetzung des Möllthales bei 4994 Fufs.

1) Pogg. Ann. März 1849.

Im Vergleich zu den Abhängen in der Fusch erhalten wir 1750 Fufs und zur nächstfolgenden Station im Möllthale 1506 Fufs Erhebung für 1° C. Temperaturabnahme. Man könnte fragen, warum diese Differenz hier geringer sey, als wir sie weiter unten im Thale gefunden haben; die Ursache davon ist, dafs dasselbe hier nicht mehr ganz so langsam ansteigt, es kommen mitunter höhere Absätze und weit schnellere Senkungen vor, welche überhaupt in den oberen Theilen, selbst der regelmäfsigsten Alpenthäler, mehr überhandnehmen, daher erfolgte hier die Abnahme der Temperatur so viel mehr rascher als tiefer unten.

Zwischen 5 und 6000 Fufs bemerken wir diefs als eigenthümlich, wir erhalten z. B. zwischen No. 7 und 6, 680′ für 1° C., diefs sind aber mehr locale Erscheinungen, sie compensiren sich sogleich, wenn wir sie mit mehreren, etwas tiefer gelegenen Quellen vergleichen. Jedenfalls müssen wir festhalten, dafs während in der vorigen Gruppe von 4 bis 5000 Fufs, die kleinste Differenz 1500 Fufs betrug, hier 315 Fufs als Minimum vorkommt und 1040 und 1160 Fufs sich öfter finden. Als Mittel unserer Beobachtungen fand ich 5,4° C., wobei im Vergleich zur vorigen Gruppe 1250 Fufs und im Vergleich zu 3 bis 4000 Fufs 1430 Fufs Erhebung auf 1° C. Temperaturabnahme treffen.

Einer der interessantesten Abtheilungen begegnen wir bei 6000 Fufs. Die ganze Vegetation erleidet über dieser Höhe bekanntlich eine der bedeutendsten und wesentlichsten Veränderungen; schon bei 6000 Fufs ist die Waldgränze und von da an nehmen die Coniferen rasch ab bis sie bei 6500 und 6600 selbst in den höchsten Alpentheilen ihre letzte Gränze erreichen. Dafs dabei das ganze Clima eine bedeutende Veränderung erleiden müsse, läfst sich erwarten, und unsere gerade in diesen Höhen sehr zahlreichen Beobachtungen weisen mit Entschiedenheit nach, dafs auch die Temperatur des Bodens, welche uns die Quellen anzeigen, grofse und ziemlich rasche Veränderungen erleidet. Gleich die erste Quelle liefert uns das ecla-

tanteste Beispiel dieser Art, wir haben hier die geringste Höhendifferenz, die uns in der ganzen Tabelle vorkommt, nämlich 274 Fufs auf 1° C. Es wäre jedoch wohl irrig, wenn wir diese auffallende Erscheinung ganz ausschliefslich dem Aufhören der Baumvegetation zuschreiben wollten, auch die äufseren Gebirgsverhältnisse ändern sich in diesen Höhen in manchen Beziehungen. Im Ganzen tritt eine stärkere Neigung allenthalben ein; gröfsere Abhänge und Wände treten häufiger auf, und bewirken so Störungen in der Bildung und im Laufe der Quellen. Dafs unsere No. 10 von der Margaritze auch durch solche Einflüsse mit einer zu tiefen Temperatur zu Tage tritt, ist aufser Zweifel, die nähere Bildungsweise derselben haben wir schon früher erörtert. Dafs solche störende Einwirkungen dabei etwas stattgefunden, beweisen auch die nächstfolgenden Quellen, welche zuweilen um einige Zehntel höher stehen.

Eine eigenthümliche Anomalie bietet No. 12 dar, und doch bin ich der Richtigkeit dieser Angabe überzeugt. Es dringen mehrere hübsche Quellen hart neben einander hervor, keine zeigt eine niedere Temperatur, und ich hatte bei Gelegenheit unserer Glocknerbesteigung, wo wir den Platz passirten, zweimal zu ganz verschiedenen Tageszeiten diese Beobachtung angestellt. Wenn wir diese Temperatur mit Uebergehung der zunächst folgenden etwas kälteren Quellen mit tieferliegenden Punkten vergleichen, so ist auch die Abnahme eine ziemlich rasche und regelmäfsige, wir erhalten 1000 und 1100 Fufs, eine Differenz, welche zwar gröfser als bei den anderen Quellen dieser Höhe, aber immerhin noch sehr gering ist. Man sieht hier, wie wichtig es ist, mit dem Streichen einer Beobachtung vorsichtig zu seyn. Das Mittel aller Beobachtungen ist 3,4, und wir erhalten auffallend geringe Höhendifferenzen für die Temperaturabnahme, nämlich nur 506, 714 und 889 Fufs, im Vergleich zu den tiefer liegenden Gruppen. — Die rasche Temperaturabnahme, welche wir zuletzt hatten, geht nicht immer in gleicher Weise fort. Die Verhältnisse der äufseren Gebirgsgestaltung, und vorzüglich auch die des Cli-

ma's und der Vegetation, bleiben jetzt wieder etwas stetiger, und wir finden, dafs dieses auch zwischen 7000 und 8000 Fufs bei der Temperatur der Quellen der Fall sey. Wir erhalten als Mittel 3,0, was im Vergleich zur vorangegangenen Gruppe sogar 2000 Fufs Höhendifferenz ergiebt. Erst weiter nach unten macht sich die, durch die zuerst erfolgte Abnahme vergleichsweise doch sehr niedere Temperatur geltend, indem wir 833, 937 und 1053 Fufs erhalten.

Gleich in den untersten Parthien dieser Gruppe begegnen wir ein paar sehr interessanten Quellen. Die Freiwand, aus der sie entspringen, bildet einen mächtigen Keil, der sich zwischen den Hochthälern des Pfandlbaches und der Pasterze hineinschiebt. Wir finden, dafs zahlreiche Quellen, welche an dem südlichen Abhange desselben entspringen, constant dieselbe Temperatur zeigten, auch wenn sie aus etwas verschiedenen Höhen kamen. Und die Johannisquelle, welche aus demselben Gebirgsstocke in dem Pasterzenthale 500 Fufs höher entspringt, differirt blofs um 0,1° C. Allerdings ändern sich die Vegetationsverhältnisse nicht gar zu auffallend, aber sollte es nicht auch möglich seyn, dafs diese Quellen in einem gewissen Zusammenhang stehen, und die Fäden ihres Ursprungs in nicht gar grofser Entfernung ihren gemeinschaftlichen Sitz haben. Nähere Beweise wären wohl schwer zu finden, aber ich glaube, dafs die Sache immerhin eine kleine Erwähnung verdiene. Dafs wir in diesen Höhen auf der Rachern auch eine Quelle um einige Decimalen wärmer finden, darf uns nicht befremden; diese kleinen Schwankungen setzen sich aus der vorhergehenden Gruppe bis hieher fort. — Von 8—9000 Fufs fangen die Quellen an schon sehr selten zu werden, und man mufs lange Zeit und öfter in einer Gegend verweilen, um welche aufzufinden. Das Einzige, was den Naturforscher dabei unterstützt, ist die grofse Wichtigkeit, welche dieselben bei gröfseren Bergbesteigungen und Gemsjagden auch für die Alpenbewohner haben. Ein schöner klarer „Brunnen" in diesen Höhen gewährt stets den letzten Ruhepunkt, und ist daher von Allen gekannt.

Die drei Quellen, welche wir hier beobachten konnten, bieten in Bezug auf ihre Temperatur sehr grofse Verschiedenheiten dar. Der Gegensatz von Thal und Gipfel tritt ungemein auffallend hervor, und wenn wir diese Gegensätze und ihre Wirkungen nicht berücksichtigen wollten, so würde sich kaum eine Gesetzmäfsigkeit entwickeln lassen.

No. 18 und 20 gehören der Reihe der Gipfel an. No. 19 entspringt in einem schön ausgebildeten Hochalpenthal.

Die Temperatur der Quelle No. 18 am Hochthore bei 8128 Fufs, 1,9, ist im Vergleich zu der nächstfolgenden Johanneshütte (7581 Fufs, 3,0) auffallend gering, so dafs wir nur 497 Differenz erhalten, welche erst nach unten zu 8 bis 900 Fufs beträgt. Noch auffallender aber mufs es uns seyn bei der nächsten Quelle, welche um 50 Fufs höher liegt, eine Temperatur zu treffen, welche die des Hochthors um 0,8 Grad übersteigt. Aber wie ganz verschieden ist auch die Lage dieser beiden Quellen. Das Hochthor, die Höhe eines freistehenden schmalen Alpenpasses, welcher sich nach beiden Seiten ungemein jäh abdacht, zur Seite ein Paar kahle groteske Felsennadeln, aus welchen eben die kleine Quelle ihre Nahrung zieht, ist allen Einflüssen eines extremen Clima's blofsgestellt. Die Luftströmungen und die nächtliche Ausstrahlung müssen hier eine ungemeine Depression aller Temperatur-Verhältnisse bewirken. Die Salmshöhe dagegen ist die Thalsohle eines der höchsten Alpenthäler, welches wir noch zu besuchen Gelegenheit hatten, ringsum geschützt und eingeschlossen von mächtigen Gebirgsmassen, die sich noch 2 bis 4000 Fufs höher erheben. Dadurch wird uns die höhere Temperatur dieser Quelle wohl erklärlich. Und wenn wir sie mit anderen tiefergelegenen Quellen vergleichen, so finden wir auch noch eine sehr regelmäfsige Abnahme. Gegen die Johannesquelle zu ist sie allerdings nur 2140 Fufs auf 1° C., und wir sehen hier bestätigt, dafs in Thälern, besonders über 7000 Fufs, die Temperaturabnahme nur sehr langsam vor sich geht; aber im Vergleich zum Trog u. s. w. erhalten wir

915 und 1050 Fufs, welches eine sehr hübsche Abnahme zeigt.

Die oberste Quelle, über welche wir eine Temperaturangabe besitzen, ist bei 8858 Fufs, auf einem Stollen des Goldzechbergwerks in der Fleufs. Die Localität selbst gehört in die Kategorie des Hochthors, auf einem stark geneigten steilen Abhange nur nicht ganz so ausgesetzt und blofsgestellt. Es war ein Grubenwasser, welches aus feinen Wasserfäden zusammensickerte. Der Stollen selbst ging gerade in den Berg hinein, und zog sich sogar noch etwas aufwärts, die Temperatur blieb sich bei mehreren Bestimmungen an verschiedenen kleinen Quellen von 20 bis 40 Schritt Entfernung vom Eingang ganz gleich. Sie ist ungemein niedrig [1]) und darf wohl dem Minimum, mit welchem überhaupt noch eine Quelle zu Tage treten kann, sehr nahe kommen. Die Goldzeche 0,8 und das Hochthor 1,9 sind die kältesten Quellen, welche bisher in senkrechter Höhe beobachtet wurden. Es wird nicht uninteressant seyn zu erwähnen, dafs die freien Erhebungen der Hochalpen von 8 — 9000 Fufs in Bezug auf ihre Bodentemperaturen viele Aehnlichkeit mit den Beobachtungen zeigen, welche wir aus den nördlichsten Theilen von Europa und Asien besitzen. Ich führe hier einige der wichtigsten an, wobei ich mich auf solche beschränkte, welche sich auf laufende Quellen beziehen, und nicht über 3° C. reichen.

Tabelle No. 8. Nördliche Beobachtungen.

Art der Beobachtung.	N. Breite.	Höhe.	Temp.	Beobachter.
Enontekis	68° 30′	1602′	1°,70	Wahlenberg [2])
Troitzko Ssawsk	50 24	2700	1 ,76	Erman [3])
Stora Windeln	65 30	1062	1 ,80	Wahlenberg [4])
Bogoslowsk	60 0	618	1 ,88	Kupffer [5])

1) Wir haben uns durch genaue Untersuchung der Umgebungen überzeugt, dafs es selbsständige Quellen waren, frei von allem Einflufs von Schnee oder Gletscherwasser.

2) Flora Lapponica p. LI.

3) Ad. Erman bei Kämtz II. Nachtrag S. 580 No. 42.

4) Gilbert Bd. 41, S. 152. Daselbst noch *Pinus sylvestris* und einige Tannen.

5) Pogg. Ann. Bd. 15, S. 178.

Art der Beobachtung.	N. Breite.	Höhe.	Temp.	Beobachter.
Poworotnaja Sopka	57° 12'	1630'	1°,88	Erman [1])
Werchne Udinsk	51 48	1800	1 ,88	Erman [2])
Lyksele	64 30	600	2 ,00	Wahlenberg [3])
Gransele	65 0	0	2 ,60	Wahlenberg [4])
Werchoturie	58 54	900	2 ,65	Erman [5])
Tigil	57 54	150	2 ,75	Erman [6])
Umeo	63 50	c. 100	2 ,90	Wahlenberg [7])

Um den Gang der Temperaturabnahme anschaulicher zu machen, habe ich das Mittel für Gruppen von 1000 zu 1000 Fuſs zusammengestellt, nebst den mittleren Höhen, welche der Abnahme der Temperatur um 1° C. entsprechen. Für die letzte Gruppe von 8—9000 Fuſs habe ich zwei Mittel gegeben. *A* ist das allgemeine Resultat aus den drei vorhandenen Quellen. *B* ist der Werth, welchen wir für die freien Gipfelerhebungen aus zwei Beobachtungen erhalten.

Tabelle 9. Tauern.

Mittel aus allen Beobachtungen.

				I.	II.	III.	IV.	V.
I.	3—4000'		6,8					
II.	4—5000		6,2	1666				
III.	5—6000		5,4	1430	1250			
IV.	6—7000		3,4	882	714	500		
V.	7—8000		3,0	1053	937	833	2500	
VI.	8—9000	*A*	1,8	1000	919	833	1250	833
		B	1,35	1123	824	748	975	666

Die erste Spalte ist uns die interessanteste, wo die Mittel der einzelnen Gruppen mit jenen von No. I. verglichen werden. Wir sehen, daſs das Maximum der Höhendifferenz zwischen der Gruppe I und II liegt. Von da an aufwärts wird die Abnahme rascher, zusammenfallend mit der

1) A. Erman, Kämtz Nachtrag S. 580 No. 49.
2) Ebend. No. 42.
3) Gilbert, Bd. 41, S. 147.
4) Ebend. S. 149. In der Nähe der letzte geordnete Ackerbau.
5) Kämtz etc. No. 23.
6) Ebend. No. 48.
7) Gilbert, Bd. 41. S. 145.

Baumgränze, wo in der Gruppe von 6—7000′ eine ungemein plötzliche Depression der Bodentemperatur stattfindet. Und jetzt treffen wir die auffallende Erscheinung, dafs die Höhendifferenz wieder gröfser wird, das heifst die Abnahme der Temperatur geht von da an wieder weit langsamer vor sich; ein Blick auf die letzte Zahl in die Gruppe V zeigt uns diefs am aller evidentesten, indem zwischen ihr und der Gruppe IV 2250 Fufs Höhendifferenz erforderlich sind, um 1° C. Abnahme zu erhalten. Weiter nach oben erleidet sie wieder raschere Aenderungen. Wir haben in dieser Tabelle zwei Minima der Temperaturabnahme; nehmen wir das Mittel aller Beobachtungen, ohne die Trennung der Thal- und Gipfelstationen, so liegt dasselbe in der Gruppe IV; mit Berücksichtigung der angeführten Verhältnisse fällt es aber auf die Gipfelbeobachtungen der höchsten Gruppe. Die Zahlen der vorstehenden Tabelle zeigen deutlich, dafs von einer ganz gleichmäfsigen Abnahme der Temperatur nicht die Rede seyn kann. Wir sehen, dafs sie sich in oberen Theilen sehr dem Werthe nähern, welchen Kämtz aus Wahlenberg gegeben hat. Wir kommen dieser Zahl noch näher, wenn wir unsere obersten Quellen mit denen von Heiligenblut vergleichen. Diese sind für die Thalstationen: die Salmshöhe, für die Gipfelexposition: die Goldzeche, wir erhalten im Vergleich zur Quelle von Heiligenblut bei 3940 Fufs, 1050 und 880 Fufs Höhendifferenz, was im Mittel beider gerade 965 Fufs auf 1° C. ergiebt. Wir sehen also, dafs diese Zahl uns das Verhältnifs der obersten Quellen zu den tieferen im Allgemeinen recht wohl ausdrückt, ohne dafs wir weitere Folgerungen über die Temperatur der Zwischenstationen und den Gang der Abnahme daran knüpfen könnten.

Ich habe mich bei den Centralalpen vielleicht etwas zu lange aufgehalten, aber ich wollte gleich hier an der ausführlichsten Reihe alle die Erscheinungen zeigen, welche wir überall wiederholt treffen werden.

Der Gang, welchen die Abnahme der Temperatur in den Kalkalpen befolgt, ist in vielen Beziehungen unregelmäfsig und schwierig; um denselben klarer darzustellen, habe ich in den beiden folgenden Tabellen die wichtigsten Differenzen für die Temperaturabnahme zwischen den einzelnen Quellen nebst den Mitteln zusammengestellt. Ich habe dabei die Quelle 2 unseres ausführlichen Verzeichnisses weggelassen, weil sie mir etwas zu warm schien, jedenfalls wohl eine Ausnahme ist, die nur Störungen in diese Untersuchungen gebracht hätte; die eigentliche Reihe beginnt ohnediefs erst bei 2000 Fufs.

Tabelle No. 10. Nördliche Kalkalpen.

No.	Quelle.	Höhe.	Tiefe.	Erhebung für 1° C. vergl. mit						
				1	3	4	5	6	7	8
1	München	540	9,0	0	1430	660	530	462	614	482
3	Innthal	2015	8,6	1430	0	450	420	366	512	412
4	Isarthal	2520	7,5	660	450	0	385	312	585	394
5	Isarthal	3020	6,2	530	420	385	0	155	900	402
6	Benedikten-wand	3113	5,6	462	366	312	155	0	3200	551
7	Benedikten-wand	3750	5,4	614	512	585	900	3200	0	– 107
8	Isarquelle II.	3664	4,6	482	412	394	402	551	– 107	0
9	Isarquelle I.	5726	3,4	747	713	782	966	1188	988	1716

Mittel.

			Erhebung für 1° C. verglichen mit Gruppe		
			I.	II.	III.
I.	1 – 2000	9,0			
II.	2 – 3000	7,5	666		
III.	3 – 4000	5,1	515	417	
IV.	5 – 6000	3,5	727	750	1250

Die interessantesten Spalten der Tabelle No. 10 sind die Verhältnisse aller Quellen zur Quelle 1, und die Differenzen, welche sich zwischen den einzelnen nächst liegenden ergeben und den letzten Posten bei jeder Quelle bilden. Werfen wir einen Blick auf die erste Spalte, so begegnen wir

wir bis zur Quelle 7 eine sehr grofse Regelmäfsigkeit; die Anzahl der Fufse, welche der Temperaturabnahme eines Grades entspricht, wird stets kleiner, das heifst, die Abnahme wächst mit der zunehmenden Höhe, und geht in den unteren Theilen der grofsen, tief eingeschnittenen Thäler sehr langsam vor sich. Die erforderliche Höhendifferenz beträgt z. B. zwischen 1500 und 2000 Fufs, beiläufig das Dreifache von der Zahl, welche wir von 1500—3113 (Quelle 1—6) finden. 462 Fufs ist das Minimum in dieser Spalte. Die Lage der Quelle ist gang geeignet, um eine solche Erscheinung zu erklären; denn während wir uns zuerst in den regelmäfsiger gebildeten Thälern des Inns und der Isar bewegt haben, treten wir hier plötzlich auf eine der schönen, freien Erhebungen, welche von der Zugspitze bis zum Untersberge den Abfall der nördlichen Kalkalpen bilden. Es ist in der Nähe eine kleine Alpe auf den steilen, nordwärts geneigten Abhängen der Benedictenwand [1]), wo durch die freie Lage jedenfalls eine bedeutende Temperaturdepression bewirkt werden mufs. Auffallend war es mir, in No. 7 auf demselben Gebirgsstocke eine Quelle zu finden, welche nicht ganz dieselbe rasche Abnahme zeigte; sie liegt allerdings weit günstiger in einem kleinen Becken, welches sich nördlich von der grofsen Wand selbst, tief von den Zügen der Eiblersklam umgeben, befindet — jedenfalls scheint dieselbe zu beweisen, dafs wir eine Masse von Nebenumständen in der Natur berücksichtigen müssen; wir haben es vielleicht hier theilweise mit einer aufsteigenden Quelle zu thun; die Möglichkeit wäre gegeben, dafs sie durch den hydrostatischen Druck aus den nebenstehenden Erhebungen gehalten würde. Auch befinden wir uns hier schon in Regionen, wo durch die Abnahme der Vegetation und des Clima's Oscillationen und locale Störungen am meisten bedingt sind, was wir schon beim Schiefer gesehen haben.

1) Gipfel der Benedictenwand 5522 P. Fufs. Die Baumgränze auf der Benedictenwand beträgt 4385, die Waldgränze 4110 P. Fufs.

Die beiden folgenden Quellen gehören im Kalke zu denjenigen, welche durch ihre spätere Bedeutung und vorzugsweise durch das Charakteristische ihrer Entstehung die merkwürdigsten sind. — Wir haben schon bei den Betrachtungen über die Bildung der Quellen die wichtigsten Momente hervorgehoben, welche auf ihre Temperatur einen entscheidenden Einflufs ausgeübt haben. Bei der zweiten unteren Isarquelle ist diefs am auffallendsten. Die Abnahme ist ungemein rasch, da wir nur 482 Fufs zwischen ihr und der ersten Quelle erhalten. Diese letztere, höher gelegen, hat zwar einen ähnlichen Ursprung; aber der erkaltende Einflufs desselben macht sich nicht mehr so auffallend geltend. Es scheint hier wieder hervorzutreten, dafs in gleichmäfsig verlaufenden Alpenthälern die Temperaturabnahme langsamer erfolgt, da beide Quellen in demselben Thale (Lafatschthal) sich befinden. Interessant ist auch, dafs diese letzte Quelle ganz in der Nähe der Baumgränze liegt und mit den Temperaturen der Schieferquellen zwischen 6 und 7000 Fufs und deren Mittel zu 3,5 sehr nahe übereinstimmt. Wir haben also hier fast analoge Temperaturen an diesen für die Vegetation so wichtigen Wendepunkten, obgleich die absoluten Höhen dieser Gränzen in den krystallinischen Schiefern der Centralalpen und im Kalke sehr verschieden sind. Dieser Umstand verdient besonders hervorgehoben zu werden, deswegen, weil er vor allem uns zeigt, dafs die Quellentemperaturen mit den allgemeinen geothermischen Verhältnissen in einem innigen directen Zusammenhang stehen müssen.

In der letzten Columne sehen wir die Differenzen ausgedrückt, welche sich zwischen je zwei auf einander folgenden Quellen ergeben. Wir werden hier dieselben Gesetze bemerken, welche sich in der ersten Spalte aussprachen, nur treten hier sowohl die Maxima als Minima der Differenzen weit deutlicher hervor, da sie dei dem Vergleiche mit den untersten Quellen durch die vorhergehenden Beobachtungen theilweise gemildert werden. Sehr auffallend ist die geringe Zahl von 155 Fufs, welche wir zwischen der

fünften Quelle im unteren Isarthale bei Krün und der sechsten auf den nördlichen Abhängen der Benedictenwand finden. Der Einflufs der plötzlichen freien Gipfelerhebung tritt hier sehr deutlich hervor, und man sieht, wie wichtig es ist, die Localitäten der zu discutirenden Quellen genau zu kennen und zu berücksichtigen. Merkwürdig ist es auch, wie ungemein niedrig im Durchschnitte die erhaltenen Werthe sind; es zeigt uns, dafs die Abnahme der Temperatur rasch vor sich geht.

Die Mittel, welche ich gegeben habe, sollen durch einige allgemeine Zahlen den ganzen Gang der Temperaturabnahme übersichtlich zusammenfassen. Auch hier geht die Abnahme in der Gruppe III. bei weitem am langsamsten vor sich.

Es bleiben uns noch zwei kleinere Reihen von Beobachtungen zu betrachten übrig.

In den Umgebungen des Jaufen und Timbls haben wir fünf Quellen, welche uns gerade deshalb sehr merkwürdig sind, weil sie alle unter ganz gleichen Verhältnissen entspringen. No. 1 bis 4 liegen auf den östlichen Abhängen des Jaufen, der sich als vielgebrauchter Pafs zwischen dem Eisackthale bei Sterzing und dem Passeierthale ausbreitet. Es sind alle mäfsig reiche, hübsche Quellen. No. 5 ist ganz in denselben Verhältnissen am Timbls ein Pafs zwischen Passeier- und Gurglerthal, auf der westlichen Abdachung desselben gegen das Oetzthal.

Tabelle No. 11. Centralalpen. — Brenner.

No.	Quelle.	Höhe.	Temp.	Erhebung für 1° C. vergl. mit:			
				1	2	3	4
1	Gasteig	3951	5,2	0	2275	1960	1180
2	Jaufen	5770	4,4	2275	0	186	450
3	Jaufen-Baumgränze	5901	3,7	1960	186	0	820
4	Jaufen bei dem Passe	6312	3,2	1180	450	820	0
5	Timbls	7030	2,2	1023	573	735	720

Diesen homogenen Verhältnissen gemäfs müssen wir auch eine sehr gleichförmige Abnahme der Temperatur erwarten, welche wir in der That treffen. Man könnte fragen, warum die Abnahme der Temperatur nicht rascher sey, da wir in der ersten Spalte alle Zahlen merklich über 1000 finden; der Grund davon liegt ganz einfach darin, dafs der Vergleichungspunkt aller Beobachtungen, nämlich die unterste Quelle, auch schon auf dem Abhange liegt; der bedeutende Sprung, welcher sich ergiebt, wenn wir Temperaturen aus einem Thale mit denen eines frei erhobenen Abhangs vergleichen, ist schon vorüber; und die unterste Quelle auf diesem Abhange bei 3950 Fufs hat selbst schon eine ungemein tiefe Temperatur (5,2). Es tritt dasselbe Verhältnifs ein, was wir erhalten, wenn wir z. B. beim Kalke die höheren Quellen mit No. 6 vergleichen, der Quelle, welche durch ihre Lage auf der Benedictenwand eine so rasche Temperaturerniedrigung erfuhr. Die Spalte 6 bei der vorigen Tabelle zeigte uns, dafs dann die erforderlichen Höhendifferenzen stets weit gröfser werden, als beim Vergleich mit der ersten Quelle, eben weil dann die Basis schon eine viel geringere Temperatur hat. Obgleich ich im Allgemeinen die Gleichförmigkeit der Temperaturabnahme bei unseren Quellen hervorgehoben habe, wird man mir doch in der vorstehenden Tabelle einige bedeutende Unterschiede nachweisen können. Vor allem ist zu bemerken, dafs die Abnahme der Temperatur bei weitem am langsamsten stattfinde zwischen 3950 und 5770 Fufs; wir bewegen uns hier meist durch Wälder aufwärts, und auch das ganze Auftreten der Vegetation läfst uns auf keine grofsen Revolutionen des Klima's schliefsen. Zwischen 5770 und 5900 bemerken wir das stärkste Fallen der Temperatur. Die Quelle 2 steht aber noch inmitten eines regelmäfsigen Waldbestandes, No. 3 hingegen liegt an der äufsersten Gränze der Baumvegetation, bei den letzten vereinzelten Lerchen. Ich hatte mich sehr gefreut, als ich im September vorigen Jahres diese beiden Quellen auffand, indem ich erwarten durfte, hier wieder einen deutlichen Beweis dafür zu fin-

den, dafs bei der Gränze der Baumvegetation auffallende Depressionen der Quellentemperatur vorzugsweise häufig seyen. Hier ist dieselbe so stark, dafs wir zwischen den beiden Temperaturen nur 186 Fufs uns erheben durften, um 1° C. Abnahme zu erhalten. Dabei haben wir an jeder dieser Quellen an mehreren Ursprungspunkten ganz übereinstimmende Beobachtungen angestellt. Von hier weg nimmt die Temperatur etwas langsamer ab; jedoch bemerken wir wieder das Gesetz, dafs unter gleichen Umständen die Abnahme in gröfseren Höhen rascher erfolgt.

Die grofse Regelmäfsigkeit, welche herrscht, zeigt sich uns auch in der folgenden allgemeinen Zusammenfassung, welche hauptsächlich dazu gemacht wurde, um einen kleinen Vergleichungspunkt mit den ähnlichen genauer festgestellten Verhältnissen der Tauern zu gewähren.

Mittel.

	Höhe.	Mittlere Temp.	I.	II.
I.	4 bis 5000	5,0		
II.	5 bis 6000	4,5	2000	0
III.	6 bis 7000	2,7	870	600

Unsere Beobachtungen an dem Südabfall der Alpen sind weit weniger als die eben betrachteten geeignet, die Gesetze über die Abnahme der Temperatur zu veranschaulichen. Jedoch habe ich versucht, die gefundenen Höhendifferenzen unter sich zu vergleichen.

Tabelle No. 12. Südseite der Alpen.

No.	Quelle	Höhe.	Temp.	Erhebung für 1° C. vergl. mit: 1	2	3
1	Eisackthal	2220	10,1	0	—89	693
2	Mühlbach	2300	11,0	—89	0	352
3	Oberes Pusterthal	3042	8,9	693	352	0
4	Drauquelle	4198	4,2	412	327	244

Gleich bei der zweiten Quelle finden wir, dafs die erhaltene Höhe negativ sey, das heifst, die Quelle ist, ob-

gleich 80 Fufs höher gelegen, bedeutend wärmer. Der Grund ist, dafs die beiden Quellen auf Abhängen entspringen, die beiläufig $\frac{1}{2}$ Meile von einander entfernt sind; die höhere kömmt auf einem besonnten Plateau hervor, das, zwischen der Eisack und Rienz gelegen, der letzte Gränzstein südlicher Alpenvegetation ist, während No. 1 etwas weiter nordwärts in dem ungleich kälteren Eisackthale liegt, das sich vom Brenner herabzieht, wo bald darauf auch die Wallnufs zu gedeihen aufhört. Und diese klimatische Verschiedenheit ist grofs genug, um sich in der Quellentemperatur sehr deutlich auszusprechen.

Bei allen folgenden Quellen bemerken wir eine regelmäfsige Abnahme, und zwar wieder gröfser mit zunehmender Höhe. Dieselbe ist aber auch durchgängig sehr rasch. Die klimatischen Veränderungen gehen nämlich hier sehr schnell vor sich, denn nur in ihren untersten Theilen reichen diese Thäler in die südlichen Regionen; aber wenn wir im Pusterthale aufwärts gehen, treffen wir einen raschen Wechsel, bis endlich bei der Drauquelle auf der Höhe von Toblach der rauhe Charakter einer Alpennatur uns begegnet. Ich glaube als Gesetz annehmen zu können, dafs in den südlichen Alpen die Aenderungen der Quellentemperatur weit rascher vor sich gehen, als in den nördlichen Theilen, wie wir diefs auch in Bezug auf den pflanzengeographischen Charakter beobachten können.

Ich habe bisher absichtlich die verschiedenen Gruppen von Beobachtungen ganz gesondert behandelt; es wird jedoch auch interessant seyn, zu sehen, wie sich die Temperaturen der verschiedenen Gebirgszüge gegenseitig verhalten; ich habe daher in der Tabelle No. 13 eine allgemeine Uebersicht unserer Daten gegeben.

Tabelle No. 13. Allgemeine Zusammenstellung.

Kalkalpen.			Tauern.			Jaufen.			Wahlenberg.			Südlicher Abfall.		
Ort.	Höhe.	° C.	Ort.	Höhe	° C.	Ort.	Höhe.	° C.	Ort.	Höhe.	° C.	Ort.	Höhe.	° C.
									Samling	1451	9,4			
München	1540	9,0												
Erpfendorf	1770	8,8							Albisrieden	1716	8,0			
Hall	2015	8,6										Eisack I	2220	10,1
Kitzbühel	2350	7,6							Peterzell	2408	7,7	Eisack II.	2300	11,0
Krün	2520	7,5	Winklern	2878	6,7				Ebenalp	2714	6,3			
Hinterauthal	3020	6,2	Döllach	3168	6,9				Engelsberg	3040	6,5	Ollang	3040	8,9
Kohlstatt	3113	5,6	Mollthal	3420	6,8				Guttannen	3253	6,2			
Isar II.	3664	4,6							Hochalp	3825	5,9			
Eiblersklamm	3750	5,4	Heil. Blut	3940	6,7				Sewelibrunn	4091	6,0			
Beim Reichen	4070	4,9	Fusch	4293	6,4	Gasteig	3951	5,2	Martisbrunn	4256	5,0	Drau	4198	5,3
Lachthal	4780	3,57	Briccius	4994	6,0				Kamor	4667	5,0			
Gebra	5100	3,5	Kaserek	5130	5,8				Pilatus	5262	4,1			
Streiteck	5550	3,6	Gößnitz I.	5256	5,4				Staffelberg	5345	3,8			
Isar I.	5726	3,4	Gößnitz II.	5796	5,0	Jaufen	5770	4,4	Brunni	5754	3,7			
			Margeritze	6520	3,1	—	5901	3,7	Blanke Alp	5796	2,9			
			Petersbrunnen	6581	3,4	—	6310	3,2	Roßboden	6576	3,5			
			Trog	6947	4,2									
			Freiwand	7020	3,1	Timbls	7030	2,2						
			—	7148	3,1									
			Wasserrad-kopf	7190	3,4									
			Johannisquelle	7581	3,0									
			Hochthor	8128	1,9									
			Salmshöhe	8223	2,7									
			Goldzeche	8858	0,8									

Diese Zahlen allein würden schon genügen, uns die hier ausgesprochenen Gesetze deutlich zu machen. Die Quellen, welche wir aus den nördlichen Kalkalpen haben, stimmen im Allgemeinen sehr gut überein mit denen, welche Prof. Unger in Gratz aus der Gegend von Kitzbühel mittheilt; auffallend niedriger sind jedoch unsere Temperaturen da, wo wir auf den Gebirgsgruppen der nördlichsten freien Abfälle der Alpen beobachtet haben; die Temperaturdepression, welche ich für diese Orte schon bei Gelegenheit der Untersuchungen über das Verhältnifs zur Höhe dargethan habe, tritt hier wieder ganz auffallend hervor. Ich habe diese beiden Reihen in der ersten Spalte vereinigt. Vergleichen wir aber dieselben mit den Quellen der Centralalpen, so treffen wir ein ganz anderes Verhältnifs. Wir finden als constantes Gesetz, dafs die Quellen des Kalkes kälter sind, und zwar wird dieser Unterschied mit der Höhe noch bedeutender. Der Grund dieser regelmäfsigen Erscheinungen scheint mir in zwei Dingen zu liegen. Einmal sinken wegen der Porosität des Kalkes einige Quellen etwas höher herab; auch wäre es denkbar, dafs durch diese Porosität theilweise eine Verdunstung bewirkt wird, welche eine Depression der Bodentemperatur bedingt. Ein zweiter wichtiger Grund liegt jedenfalls in der Höhe der Gebirgszüge. Ich werde denselben noch deutlicher hervortreten lassen können, wenn ich zuerst auch die beiden folgenden Reihen mit den Hochalpen vergleiche.

Die Quellen aus den Umgebungen des Jaufen, ebenfalls aus krystallinischen Schiefern stammend, zeigen bedeutend niedrigere Temperaturen, und wenn wir die Beobachtungen Wahlenberg's herbeiziehen, so treffen wir dasselbe Verhältnifs. Nur in ganz wenigen Fällen stimmen die Daten, welche uns dieser ausgezeichnete Beobachter aus der nördlichen Schweiz gegeben hat, mit den Temperaturen von No. II. überein, und wo diefs der Fall ist, gehören unsere Quellen constant in jene Kategorie, welche wir als Gipfelquellen bezeichnet haben, das heifst als solche, die eine viel raschere Abnahme und daher durchgängig niedrigere Tem-

peraturen zeigen. Den Grund dieser auffallenden Erscheinungen glaube ich in der Höhe der verglichenen Gebirge suchen zu müssen. Während in unseren Centralalpen die Höhe der Gipfel 12000—10000 und die der Kämme 8 bis 9000 Fufs beträgt, finden wir am Jaufen diese Verhältnisse auf 9000—6000 Fufs reducirt, und auch dei Wahlenberg[1]) sind die zahlreichsten Erhebungen von 6500 bis 8500 Fufs. Wir haben also hier nur noch freie, wenig massenhafte Gipfel da, wo in den Centralalpen schöne Thäler vorkommen, und eine mächtige Gebirgsmasse fähig ist die Wärme zu binden, welche in den niederen Gebirgen schon frei und ungehindert in den Weltraum ausstrahlt. Die Vegetation solcher verschiedenen Alpentheile bietet uns die verschiedensten Anhaltspunkte für unsere Ansicht dar. Warum hat Wahlenberg alle Baum-, Cultur- und Scheingränzen niedriger angegeben, als wir sie in den centralen Alpenzügen finden? Je nachdem andere Beobachter in diesen oder in Theilen beobachtet haben, welche denen der nördlichen Schweiz analog waren, haben sie Wahlenberg's Höhengränzen bald bestätigt, bald verworfen[2]). Ich glaube, dafs diese widersprechenden Erscheinungen sich ganz einfach erklären, wenn wir das vorhin erwähnte Gesetz in Anwendung bringen. Seine Gebirge waren niedriger, das Klima war bei ihm in gleicher Höhe kälter als in den Berneralpen, deshalb steht seine Baumgränze tiefer, und ganz derselbe Grund deprimirt auch die Temperatur seiner Quellen. Ich weifs, dafs meine Ansicht der Voraussetzung zu widersprechen scheint, dafs die Schnee- und Gletscher-

1) Unter den Quellen Wahlenberg's sind auch einige, welche aus Kalk oder Molasse stammen; da er diese Verhältnisse nicht näher angiebt, so konnte ich nicht Alles ausscheiden und trennen.

2) So findet es Kasthofer (die Wälder und Alpen des Berner Oberlandes 1819) unbegreiflich, dafs ein so gewandter Beobachter wie Wahlenberg sich in der Bestimmung dieser Gränzen so sehr irren konnte. Für seine Höhen hat Wahlenberg sich sicher nicht geirrt; das Mifsverständnifs liegt darin, dafs Kasthofer nicht auf Bergen von 5 und 6000 Fufs, wie am Rigi und Pilatus, beobachtete.

massen, welche sich in den Hochalpen finden, gerade im Gegentheile eine bedeutende Erniedrigung der Temperatur bewirken müssen. Eine solche Depression ist unzweifelhaft vorhanden, und wir hatten Gelegenheit, die Gröfse derselben für mehrere Baumgränzen in der unmittelbaren Nähe von Gletschern durch verschiedene directe Messungen zu bestimmen; dieselbe ist nicht so bedeutend, dafs sie die Wirkung der gröfseren Erhebung, welche wir durchgängig in den Centralalpen finden, zu paralysiren vermöchte. Dieses Gesetz scheint mir aus allen unseren Beobachtungen, welche wir mit specieller Rücksicht auf diese Verhältnisse angestellt haben, deutlich hervorzugehen. Am passendsten läfst es sich für die Gränzen wesentlicher und leicht bestimmbarer Vegetationsglieder nachweisen, deren hohes Interesse für allgemeine klimatische Anschauungen zuerst v. Humboldt [1]) und v. Buch [2]) dargethan haben. Verbinden wir alle diese Gränzen in einer Section über die Breite der Alpen hinweg, so werden wir stets eine Linie erhalten, welche einen gewissen Parallelismus zur allgemeinen Erhebung des Gebirges zeigt. Der Grad dieses Zusammenfallens wird natürlich durch viele Umstände modificirt. Allerdings stimmt dieses nicht überein mit den Ansichten Saussure's [3]) und Ramond's, welche dieser Erkaltung durch die Gletscher und Schneemassen einen weit gröfseren Einflufs zuschrieben; wir dürfen jedoch nicht vergessen, dafs sie dabei hauptsächlich die Schneegränze im Auge hatten: ein Phänomen, welches nicht nur in den Temperaturverhältnissen bedingt ist, sondern auch durch die Menge der atmosphärischen Niederschläge und die Richtung der Winde, welche ihre Feuchtigkeit an der einen oder anderen Seite eines Gebirgskammes vorzugsweise abgeben, mannigfach modificirt wird. Selbst die durchschnittliche Nei-

1) *Essai sur la geographie des plantes et tableau physique des régions équinoxiales* 1807, und: *De distributione plantarum secundum coeli temperiem et altitudinem montium* 1817 *Asie centrale T. III. etc.*

2) Reisen in Norwegen. Physik. Beschreibung der Canarischen Inseln etc.

3) *Voyages dans les alpes. Vol. IV.* §. 942.

gung der Abhänge kann zuweilen einigen Einflufs ausüben, indem sich an sehr steilen Felswänden der Schnee nicht so leicht halten kann [1]). Hr. v. Buch hat diese Verhältnisse für die Schneegränzen in Norwegen sehr schön zusammengestellt [2]); er hat allerdings auf dem Folge-Fonden-Fieldt im westlichen Norwegen eine Depression der Schneegränze beobachtet, aber wir müssen bedenken, dafs dort andere Terrainverhältnisse vorwalten und wir „ein ununterbrochenes Schneefeld von 12 Meilen Länge und fast überall 2 Meilen breit“ [3]) vor uns haben. Ich bemerke, dafs ich unsere Ansicht hauptsächlich nur auf die Alpen anwenden will, und hier ist dieselbe, für die Bodentemperatur wenigstens, durch die Curve, welche ich am Schlusse dieser Abhandlung gegeben und nur auf ganz unzweifelhafte Angaben gegründet habe, entschieden bestätigt. Eine Thatsache, welche mit dieser Krümmung der Isogeothermen nach der Erhebung in schönem Zusammenhange steht, mufs ich hier noch erwähnen, der auffallenden Depression derselben gegen den Rand des Gebirges, was besonders beim Kalke sehr deutlich hervortritt. Man sollte erwarten, dafs durch den aufsteigenden Luftstrom aus den wärmeren Ebenen gerade an diesen Abhängen eine Erhöhung der Temperatur hervorgerufen würde; bei kleineren Erhebungen tritt dieses ein, und wir hatten mehrfach Gelegenheit, die Wirkungen dieses auffallenden Luftstromes und seine Ausdehnung in den Thälern der Alpen zu studiren. In dem vorliegenden Falle im Grofsen, wo wir doch schon Erhebungen zwischen 5 und 6000 Fufs treffen, wird durch die vielfachen Berührungspunkte dieser freien Abfälle mit der Atmosphäre und den dadurch bedingten Wärmeaustausch eine durchgängige Depression des ganzen Klima's bewirkt. Es ist äufserst lehrreich, in der Natur die gegenseitigen Begränzungen dieser verschiedenartigen Einflüsse zu verfolgen, welche bald die Temperatur zu erhöhen, bald zu erniedrigen trachten; es müssen dieselben

1) Vergl. Alex. v. Humboldt Kosmos I. 356.
2) Gilbert Ann. 41. S. 1—50.
3) Seite 18.

in weniger mächtigen Gebirgen oder im Norden, wo z. B. die Kraft der Besonnung und das Profil der Gebirgszüge so verschieden sind, sehr wesentliche und interessante Modificationen erleiden. Und dieser Zusammenhang der Quellentemperaturen mit der allgemeinen Erhebung des Gebirges, welchen die Temperaturen vom Jaufen und von Wahlenberg so schön zeigen, hat natürlich auch beim Kalke, dessen Gebirgszüge analoge Höhen zeigen, grofsen Einflufs. Eine völlige Uebereinstimmung der Temperaturen in denselben Höhen finden wir aber doch zwischen den drei Gebirgszügen nicht bestätigt; im Kalke sind besonders die oberen Quellen stets etwas kälter: ein Beweis dafür, dafs hier noch einige andere Momente vorhanden seyn müssen, welche die Temperatur derselben deprimiren.

Es bleiben uns noch die südlichen Abfälle der Alpen zur Vergleichung übrig.

Obgleich sie nur wenige Meilen von dem eigentlichen Centralstock der Alpen entfernt sind, so haben sie doch eine bedeutend höhere Temperatur. Es zeigt sich also hier, dafs die Bodentemperatur stets die Aenderungen der Vegetation sehr genau verfolgt: eine Thatsache, die wir schon früher für die Gränze der Coniferen festgestellt haben. Der Kamm der Alpen bildet hier eine strenge Gränzscheide, und mit dem Auftreten der Wallnufs, der Kastanie und der Rebe müssen auch die klimatischen Bedingungen ihrer Existenz sich rasch ändern, worunter die Temperatur des Bodens sicher nicht die unwichtigste ist. Wahlenberg und Leopold v. Buch [1]) haben für den Norden Europa's den Zusammenhang der Quellentemperaturen mit dem Gedeihen und den Gränzen der Vegetation hervorgehoben; und es mufste mich daher erfreuen, diese Erscheinung durch unsere Beobachtungen auch für die Höhengränzen der Pflanzen in den Alpen bestätigt zu sehen.

1) Gilbert Ann. 41. und Poggend. Ann. XII.

Erläuterungen zur Isogeothermen-Karte.

Ich habe die wichtigsten Resultate meiner Untersuchungen auf einem Profildurchschnitte der Alpen zu vereinigen gesucht. Es zieht sich derselbe im Allgemeinen von Nordost nach Südwest, obgleich es nicht möglich war, sich an eine gerade Linie zu halten. Ebenso bitte ich das Relief des Gebirges im Allgemeinen als ganz schematisch zu betrachten.

Die Elemente der Linien wurden durch Interpolationen und durch Construction von Curven für die einzelnen Beobachtungsreihen gefunden, da, wie zu erwarten, die unmittelbare einzelne Beobachtung nur selten in ganzen Graden sich ausdrückte. Alle einzelnen Unregelmäfsigkeiten und localen Störungen wurden dabei möglichst eliminirt.

Die Beobachtungen von Wahlenberg habe ich übergangen, weil sie mir zu auffallende Unregelmäfsigkeiten zeigten, um so mehr, da derselbe die localen Verhältnisse ihres Ursprungs und die geognostischen Formationen nicht ausführlich genug bezeichnet hat.

Bei den nördlichen Kalkalpen habe ich einige Beobachtungen von Unger als Parallele zu den unsrigen eingeschaltet. Da die Ablesung auf der graphischen Darstellung nicht dieselbe Schärfe gewähren kann, als die Berechnung selbst, so gebe ich hier die einzelnen Werthe mit der Bezeichnung jener Beobachtungen, welche ihnen zunächst liegen.

Tabelle No. 14. Elemente der Curven.

C.	Kalkalpen.	Tauern.	Jaufen.	Südabfall.	C.
10°	kommt nicht vor.	In dieser Gruppe war unser tiefster Beobachtungspunkt nur 2800 Fufs. Daher fanden wir keine Quellen über 7°.	Unser tiefster Beobachtungspunkt war 4400 Fufs. Daher mufsten die wärmeren Isogeothermen hier durch graphische Interpolation ergänzt werden.	2220 Eisackthal. Franzensfeste 2370 etwas südlicher.	10°
9°	1540 München. 1660 (Unger).			3010 Ollang. Zwischen	9°
8°	2150 Krün Isarthal. 2540 (Unger).			3260 Ollang u. der Drauqu.	8°
7°	2580 (Unger). 2710 Scharnitz.	2900 Möllthal. 3400 Fuschtauern.		3500 ebenso.	7°

C.	Kalkalpen.	Tauern.	Jaufen.	Südabfall.	C.
				Zwischen	
6°	3050 Benedictenwand.	4990 Briccius.		3750 Ollang u. der Drauqu.	6°
		4990 Kasereck.			
	3150 Scharnitz.				
5°	4140 Benedictenwand.	5800 Göfsnitz-Grube.	4400 Gasteig.	3990 Drauqu.	5°
	4100 (Unger).	5780 Göfsnitz-Abhänge.			
4°	4690 Isar.	6180 Göfsnitz.	5830 Jaufen.	4235 Drauqu	4°
	4970 (Unger).	6820? Trog.			
3°,5	5800 Isarthal.	6500 Petersbrunn.	6460 Jaufenpafs.		3°,5
		7030 Wasserradkopf.			
3°	6410 Isarthal.	7580 Johannisquelle.	7170 Timbls		3°
		8110 Salmshütte.			
2°		8180 Hochthor			2°
1°		8780 Goldzeche.			1°

Die Betrachtung der Curve zeigt uns vor allem die Erhöhung der Bodentemperatur, welche in den Centralalpen durch die gröfsere Erhebung stattfindet. In den tieferen Theilen haben wir zwei Maxima, wovon das gröfsere in den südlichen Abfällen liegt. Die Isogeotherme von 10° ist nur auf diese beschränkt und kann in den anderen Alpentheilen nicht vorkommen; bis zu 7° bleibt dieses Maximum in der Gruppe IV. immer dem Südrande genähert.

Die bedeutende Aenderung, welche wir von da weg in der Richtung der Isogeothermen bemerken, hat mehrere Ursachen; die Abnahme der Temperatur erfolgt überhaupt in den südlichen Alpen weit rascher, und hier, wo wir uns zugleich in rauhere Thäler heraufgezogen haben, tritt auch der Einflufs der geringen Höhe im Vergleich zu den Tauern wieder sehr merklich hervor. Ferner gehören unsere obersten Beobachtungen hier den Ausläufern des Kalk- und Dolomitgebietes an, daher die Curven fast ganz zur Höhe der Kalkalpen herabsinken. Das Minimum finden wir constant in den Kalkalpen, und zwar gegen die äufsersten freien Abfälle derselben. Die kleinen Oscillationen, welche wir bemerken, rühren theils von mehrfachen Beobachtungen, theils von Vergleichen mit Unger her. Von 6° an aufwärts bemerken wir eine starke Steigung der Linien gegen

die Centralalpen zu; sie resultiren aus der Berücksichtigung von Unger's Daten, welche hier, aus „Thonschiefer und schiefriger Grauwacke" von mäfsiger Höhe stammend, uns einen sehr passenden Uebergang gewährten. In den Centralalpen bemerken wir in der Isogeotherme von 4° und 3,5° die häufigsten Oscillationen, jene von 3,5 ist die Bodentemperatur der Baumgränze; sie fällt mit derselben so sehr zusammen, dafs ich es nicht für passend hielt, die Details der Baumgränzen selbst in den kleinen Raum aufzunehmen. Die bedeutendsten Oscillationen zeigen die Linien von 3° und 5°, weil hier in der Natur der Gegensatz von Thal und Gipfel die gröfsten Unterschiede bedingt.

Die Isogeotherme von 0 Grad wurde aus der Differenz der beiden letzten Quellen berechnet. Sie ist nur ein approximativer Werth; jedenfalls wird sie für solche ganz isolirte Felsennadeln nicht unwahrscheinlich seyn.

Mit der Linie *Ph.* (*Phanerogamengränze*), welche sich zwischen der Isogeotherme von 1 und 0 Grad befindet, habe ich die äufserste Gränze der letzten Phanerogamen bezeichnet. Wir haben in einer Höhe von 10362, 10340 und 9813 P. Fufs an drei Punkten noch die *Saxifraga oppositifolia, Cerastium latifolium, Cherleria sedoides* beobachtet, und ich glaube, dafs diese letzten Gränzen eines so wichtigen Vegetationsgliedes hier wohl eine kleine Erwähnung verdienten. Jedoch schon weit früher bemerken wir eine sehr wesentliche Veränderung in der Phanerogamen-Vegetation sowohl in ihrer Masse als Mannigfaltigkeit, deren mittlere Höhe von 9000 Fufs so ziemlich mit der Jsogeotherme von 1 Grad zusammenfällt. Aufser allem Parallelismus zu den Modificationen der Bodenwärme scheinen jedoch einige Arten von Flechten zu stehen, welche an die rauhe Oberfläche des Felsens angeheftet, selbst auf den höchsten Gipfeln der Alpen [1]) noch keine Gränze gefunden haben.

1) Unter den Flechten, welche wir z. B. auf dem Grofsglockner erhalten haben, nenne ich die weit verbreitete *Lecidea geographica, Parmelia polytropra, Umbilicaria proboscidea, Parmelia sordida* und *Parmelia chlorophana.* Erst bei 10000 Fufs treten einige Arten von *Evernia, Cladonia* und *Peltigera* in zahlreichen Individuen auf.

Resultate.

1. Bei Benutzung der Quellen zur Bestimmung der Bodentemperaturen ist es unerläſslich auf die geognostischen Formationen, die localen Verhältnisse und die dadurch bedingte Entstehungsweise der Quellen Rücksicht zu nehmen, um comparable Resultate zu erhalten.

2. Der Ursprung der Quellen hängt nicht nur mit der Schichtenstellung, sondern auch aufs Innigste mit dem allgemeinen Charakter der Gebirgsbildung zusammen.

3. Die Zerklüftung und Porosität bedingt beim Kalke einen wesentlichen Unterschied von den krystallinischen Schiefern; die Quellen sind seltener, reicher und kommen zuweilen aus gröſseren Höhen mit etwas zu niedriger Temperatur zu Tage.

4. Die Höhe, bei welcher die letzten Quellen vorkommen können, ist von der allgemeinen Erhebung des Gebirges abhängig; ihr Abstand von der mittleren Gipfel- und Kammhöhe ist bei Gebirgszügen analoger Höhe im Kalke gröſser als in den krystallinischen Schiefern. Bei Gebirgen derselben geognostischen Formationen wird in den Alpen dieser Abstand wieder gröſser, sobald sie sich weit über 9000 Fuſs erheben, wo durch die Bildung steiler Wände und Gipfel und die Schnee- und Gletschermassen eine bedeutende Depression der Quellengränze bewirkt wird.

5. Die Abnahme der Temperatur mit der Höhe erfolgt nicht nach einer ganz gleichmäſsigen arithmetischen oder geometrischen Reihe; sie geht langsamer vor sich in den Thälern als auf freien Abhängen oder Gipfeln, und erfolgt unter gleichen Umständen rascher in gröſseren Höhen.

6. An der Baumgränze treffen wir in den Alpen in den verschiedenen Gebirgszügen nahezu dieselben Temperaturen an, wenn auch die Höhe dieser Gränze selbst ziemlich verschieden ist; wir können 3,5 C. als Mittel annehmen. Unmittelbar über der Baumgränze bemerken wir die rascheste Abnahme der Bodentemperatur und die stärksten Oscillationen zwischen den verschiedenen Quellen.

7. Die

7. Die Quellen in Thälern sind in gleicher Höhe wärmer als jene auf Abhängen oder Gipfeln, was besonders in den höchsten Regionen sehr deutlich hervortritt. In den Kalkalpen wird hierdurch auf den freien Abhängen gegen Norden eine auffallende Depression der Bodentemperatur bewirkt.

8. 0,8 C. scheint das Minimum zu seyn für die Temperatur der höchsten Quellen in den Alpen.

9. Die Höhe der Gebirgszüge hat einen entschiedenen Einfluſs auf die Temperatur des Bodens, wir finden bei gleicher Höhe über dem Meere die wärmeren Quellen da, wo die mittlere Erhebung gröſser ist; es erleiden daher die Isogeothermen eine Biegung analog der Erhebungslinie des Gebirges.

I. Nördliche Kalkalpen.

No.	Quelle.	Höhe.	Temp.	Bemerkungen.
1.	Quelle bei München.	1540	9,0	Starke Quellen am Fuſse der Geröll- und Nagelflue-Abhänge des rechten Isarufers. Mittel aus einigen Quellen.
2.	Kleine Quelle am östlichen Ufer des Starnbergersee's, am Fuſse der Hügel von Berg.	1785	9,6	Die Temperatur dürfte wohl um einige Zehntel zu hoch seyn.
3.	Hall, am Fuſse der Kalkberge zur Linken des Innthals.	2015	8,6	Mehrere Quellen zeigten ganz dieselbe Temperatur. Mäſsig stark. In der Nähe die ersten Latschen.
3.	Krün, im Isarthale. Linke Seite.	2520	7,5	Starke Quelle, unter den Hügeln, welche das Erosionsfluſsbett der Isar bilden.
4.	Hinterauthal oberhalb Scharnitz. Rechte Seite.	3020	6,2	Mehrere Quellen; nicht sehr stark; aus Felsenspalten.
5.	Kohlstattalpe auf der Benedictenwand.	3113	5,6	Mehrere Quellen; unter Felsen.
6.	Quelle in der Eiblersklamm bei den letzten Platanen, etwas unter der unteren Hausstattalpe. Benedictenwand.	3750	5,4	Nicht sehr stark.
8.	Zweite Quelle der Isar, im Kasten, in der Nähe der Gunglalpe.	3664	4,6	Ungemein starke Quelle.
9.	Erste Quelle der Isar, im Haller Anger, im Lafatschthale.	5726	3,4	Die Hauptquelle; die kleineren Arme waren wärmer.

II. Centralalpen. — Tauern.

No.	Quellen.	Höhe.	Temp.	Bemerkungen.
1.	Quellen zur Linken des Möllthals oberhalb der Brücke von Winklern.	2878	6,7	Ursprung unter engen, grofsen Felsenblöcken am Fufse sehr steiler Abhänge; sie scheint aus der Höhe herabgestürzt und etwas zu kalt zu seyn.
2.	Rechte Seite des Möllthals am Ende der Döllacher Klamm neben der Brücke.	3168	6,9	Mehrere Quellen drangen am Fufse der rasch sich erhebenden Wände hervor; die Wassermasse zieml. grofs; 6,9 die kältesten; andere mehr zwischen Rasen 7,0 und 7,1.
3.	Möllthal; Klamm zwischen Döllach und Pockhorn	3420	6,8	Mäfsig starke Quelle, aus einer Felsenspalte.
4.	Möllthal. Becken von Heiligenblut; rechte Thalseite am Fufse der Wände aus der Göfsnitz.	3940	6,7	Mehrere starke Quellen; zeigten ganz dieselbe Temperatur.
5.	Fuscherthal; Gebirgszüge zur Rechten; an der Gränze der Platanen.	4293	6,4	In einem kleinen Thaleinschnitt; mäfsig starke Quelle.
6.	Quelle bei der Bricciuskapelle. Obere Fortsetz. des Möllthals.	4994	6,0	Sehr starke Quelle am Fufse der Abhänge des Wasserradkopfes.
7.	Gebirgszüge zur Rechten des Möllthals; gegen das Gippachthal zu; in der Nähe der Alpe Kasereck.	5130	5,8	
8.	Stark geneigte Abhänge von dem Heiligenbluter Becken gegen das Göfsnitzthal hinauf.	5256	5,4	
9.	Grubenwasser in dem Hauptstalle in der Göfsnitz.	5796	5,0	100 Schritt vom Eingang entfernt. Alle einzelnen Wasserfäden zeigten dieselbe Temperatur.
10.	Auf der Margeritze; obere Fortsetz. des Möllthals. Abhänge zur Rechten gegen die untere Seite.	6525	3,1	Mehrere schwache Quellen; an dem Punkte, wo die Terrasse der unteren Seite jäh gegen das Flufsbett der Möll abbricht.
11.	Petersbrunn; Gebirgszug zur Rechten des Fuscherthales; in einem secundären Kahr; dem untern Nafsfeld.	6581	3,4	Sehr starke, schöne Quelle.
12.	Am Trog. Terrasse zwischen dem ersten Leiterkopf und der Margeritze; obere Fortsetzung des Möllthals.	6850	4,2	Mehrere kleine Quellen aus Felsenspalten an d. Schichtenköpfen.

No.	Quellen.	Höhe.	Temp.	Bemerkungen.
13.	Südliche Abfälle der Freiwand gegen das Thal des Pfandelbaches zu (oberes Möllthal).	7020	3,1	Mehrere Quellen entsprangen hier aus Gneifs und Chloritschiefern; sie zeigten constant diese Temperatur, auch wenn sie in etwas verschiedenen Höhen zu Tage traten.
14.	Desgleichen. Etwas mehr gegen das obere Ende des Thales „im Land".	7148	3,1	
15.	Abhänge des Wasserradkopfes gegen das obere Möllthal herab.	7190	3,4	Schöne Quelle am Fufse einer etwas steileren Abdachung.
16	Johannisquelle, auf d. Gamsgrube, linke Seite des Pasterzengletschers.	7581	3,0	Mittel mehrerer Beobachtungen. Ungemein schöne und starke Quelle.
17.	Hochthor; am Heiligenbluter-tauern; Pafs zwischen Möll- und Rauristhal.	8128	1,9	Nicht sehr starke Quelle auf der Kammhöhe. Zur Seite noch einige beträchtliche Erhebungen.
18.	Salmshöhe. Am Fufse der Abfälle der Leiterköpfe; zur Linken des Thales.	8223	2,7	Mehrere Quellen; kamen theilweise unter Schutt hervor; zeigten dann, wo sie nicht mehr ganz original waren, 2,8, 3,0, selbst 3,5.
19.	Im Stollen der Goldzeche; Bergwerk auf der grofsen Fleufs im Möllthale.	8858	0,8	Grubenwasser; blieb sich bei 20 Schritt Entfernung vom Eingang bis zu 50 Schritt gleich.

III. Centralalpen. — Umgebungen des Brenner.

No.	Quellen.	Höhe.	Temp.	Bemerkungen.
1.	Nordöstl. Abhänge des Jaufen, in der Nähe des Dorfes Gasteig.	3951	5,2	Starke Quelle; als Brunnen benutzt.
2.	Jaufen, nordöstl. Abhänge, am Fufse einer jäheren Abdachung	5770	4,4	Mehrere Quellen; zeigten ganz dieselbe Temperatur.
3.	Desgleichen, hart an der Baumgränze.	5907	3,7	Mäfsig stark.
4.	Jaufen; über der Baum- u. Strauchgränze; einige hundert Fufs unter der Pafshöhe.	6310	3,2	Mehrere kleine Quellen.
5.	Timbls; unter der Pafshöhe; gegen das Gurglerthal zu.	7030	2,2	

IV. Südabfall der Alpen.

No.	Quellen.	Höhe.	Temp.	Bemerkungen.
1.	Eisackthal; über der Franzensveste. Linke Thalseite. In der Nähe der Gränze der Kastanien.	2220	10,1	Das Thal ist ziemlich eng eingeschnitten; die Quelle dringt am Fuſse der Abhänge hervor; ganz original; aus Granit.
2.	Auf den terrassenartigen Anhöhen zwischen dem Eisack- und Rienzthale (Mühlbach bis Franzensveste).	2300	11,0	Aus Granit; nicht sehr stark, aber doch ganz zuverlässig. Expost. geg. Süden. Schöne Kastanien und Weinreben ringsum.
3.	Oberpusterthal; rechte Thalseite; Glimmerschiefer; zwischen Niederndorf u. Bruneck bei Ollang.	3040	8,9	Ueber der Wallnuſs- u. Kastaniengränze.
4.	Quelle der Drau zur Rechten des Pusterthales auf der Höhe von Toblach; aus Kalk.	4198	5,3	Zwei schöne, starke Quellen in geringer Entfernung.

V. Fremde Beobachtungen.

A. Beobachtungen von Unger[1]).

No.	Ort.	Höhe.	Temp.	No.	Ort.	Höhe.	Temp.
1.	Erpfendorf	1770	8,8	5.	Ehrenbachkapelle	2870	6,1
2.	Kitzbühel	2350	7,6	6.	Beim Reichen	4070	4,9
3.	Langau	2420	7,25	7.	Lachthalalpe	4780	3,57
4.	Wolfgangsbrunnen	2857	6,6	8.	Gebra	5100	3,5
				9.	Streiteck	5550	3,6

B. Beobachtungen von Wahlenberg[2]).

No.	Ort.	Höhe.	Temp.	No.	Ort.	Höhe.	Temp.
1.	Zweiter Samliug	1451	9,4	11.	Kaltebad Schwander-Allmend	4465	5,6
2.	Albisrieden	1716	8,0				
3.	Peterzell	2408	7,7	12.	Frachmunt	4593	5,3
4.	Ebenalp	2714	6,3	13.	Kamor	4667	5,0
5.	Engelsberg	3040	6,5	14.	Schwarzberg	4674	5,5
6.	Guttannen	3253	6,2	15.	Lactis Lunae Pilatus	5262	4,1
7.	Hochalp	3825	5,9				
8.	Sewelibrunn	4091	6,0	16.	Staffelsberg	5345	3,8
9.	Martisbrunn	4256	5,0	17.	Brunni	5754	3,7
10.	Kaltebad Rigi	4404	6,3	18.	Blancke Alp	5976	2,9
				19.	Roſsboden	6576	3,5

1) Einfluſs des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse.

2) *De vegetatione et climate in Helvetia septentrionali* 1813 *p. LXXVIII.* und: *Kämtz' Meteorologie II.* 199.

II. *Mittlere Temperaturen in Rufsland;* *von A. Kupffer.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus *T. VII.* des *Bullet. de la Classe phys. math. de l'acad. de St. Petersbourg*).

Die meteorologischen Beobachtungen, die nun schon seit mehreren Jahren in den magnetischen Observatorien von Stunde zu Stunde, Tag und Nacht, gemacht werden, geben uns ein Mittel an die Hand, nicht nur die mittlere Temperatur der bezüglichen Orte mit grofser Genauigkeit zu bestimmen, sondern auch für solche Orte, wo nur 2, 3 oder 4 Beobachtungen gemacht worden sind, die Correctionen zu berechnen, die an den gefundenen Mitteln anzubringen sind, um die wahren zu finden. Auf diese Art erhält man aus den vorliegenden Beobachtungen für mehrere Orte sehr sichere Bestimmungen über die mittlere Temperatur des Jahres sowohl als der einzelnen Monate, die ich einstweilen mittheilen will, bis ein gröfseres Material mir erlaubt, eine eigentliche Klimatologie des ausgedehnten, weiten Reiches zu schreiben.

St. Petersburg.

Seit dem Jahre 1841 wurde im magnetisch-meteorologischen Observatorium des Berginstituts von Stunde zu Stunde beobachtet, aber nach Göttinger mittlerer Zeit. Die ersten sechs Jahrgänge dieser Beobachtungen, die bereits bearbeitet vorliegen, geben durch eine einfache Interpolation [1]) folgende Mittel für die Petersburger Zeit.

Tabelle I.

Stunde	Januar	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.	Mittel
0	−5,3	−6,2	−3,0	+2,4	+9,4	+13,7	+15,2	+15,5	+9,8	+4,3	−1,1	−2,7	+4,3
1	−5,1	−6,0	−2,6	+2,7	+9,6	+13,9	+15,5	+15,9	+10,4	+4,6	−0,9	−2,5	+4,7
2	−5,0	−5,9	−2,3	+2,9	+9,8	+14,1	+15,6	+16,2	+10,6	+4,8	−0,6	−2,5	+4,8
3	−5,1	−5,9	−2,2	+3,0	+10,0	+14,3	+15,7	+16,3	+10,6	+4,6	−0,8	−2,5	+4,8
4	−5,3	−6,0	−2,2	+3,2	+10,2	+14,6	+15,9	+16,5	+10,6	+4,4	−1,2	−2,6	+4,8
5	−5,4	−6,4	−2,5	+3,2	+10,0	+14,4	+15,8	+16,4	+10,2	+4,1	−1,3	−2,7	+4,6
6	−5,4	−6,7	−3,0	+2,3	+9,3	+13,6	+15,1	+15,4	+9,5	+3,8	−1,4	−2,8	+4,1
7	−5,5	−6,8	−3,5	+1,5	+8,3	+12,7	+14,3	+14,5	+8,7	+3,6	−1,5	−2,8	+3,6
8	−5,5	−6,9	−3,8	+0,8	+7,4	+11,9	+13,6	+13,7	+8,2	+3,4	−1,5	−2,9	+3,2
9	−5,5	−7,0	−4,1	+0,3	+6,6	+11,1	+12,9	+13,0	+7,9	+3,3	−1,6	−2,9	+2,8
10	−5,5	−7,1	−4,4	−0,1	+6,1	+10,5	+12,4	+12,6	+7,6	+3,1	−1,6	−2,9	+2,6
11	−5,5	−7,2	−4,7	−0,5	+5,5	+10,0	+12,0	+12,2	+7,3	+3,0	−1,6	−2,9	+2,3
12	−5,6	−7,3	−4,9	−0,8	+5,1	+9,6	+11,7	+11,9	+7,1	+2,9	−1,6	−3,0	+2,1
13	−5,6	−7,3	−5,2	−1,0	+4,7	+9,3	+11,4	+11,5	+6,9	+2,8	−1,6	−3,0	+1,9
14	−5,6	−7,4	−5,4	−1,2	+4,5	+9,0	+11,2	+11,3	+6,7	+2,7	−1,6	−3,1	+1,7
15	−5,7	−7,4	−5,6	−1,4	+4,3	+8,7	+11,0	+11,0	+6,5	+2,6	−1,6	−3,1	+1,6
16	−5,7	−7,5	−5,8	−1,6	+4,2	+8,9	+10,9	+10,8	+6,4	+2,6	−1,7	−3,2	+1,5
17	−5,8	−7,6	−5,9	−1,6	+4,6	+9,3	+11,2	+10,9	+6,3	+2,5	−1,8	−3,2	+1,6
18	−5,9	−7,6	−6,0	−1,4	+5,2	+10,0	+11,7	+11,3	+6,3	+2,5	−1,8	−3,2	+1,8
19	−5,9	−7,7	−5,9	−0,8	+6,0	+10,7	+12,5	+11,9	+6,6	+2,5	−1,8	−3,1	+2,1
20	−5,9	−7,6	−5,6	−0,2	+6,8	+11,4	+13,1	+12,8	+7,2	+2,7	−1,8	−3,1	+2,5
21	−5,9	−7,3	−4,9	+0,5	+7,6	+12,1	+13,8	+13,6	+8,0	+3,0	−1,6	−3,1	+3,0
22	−5,7	−7,0	−4,3	+1,3	+8,3	+12,7	+14,4	+14,3	+8,7	+3,5	−1,5	−3,0	+3,5
23	−5,5	−6,6	−3,6	+1,9	+9,0	+13,2	+14,9	+15,0	+9,3	+3,9	−1,3	−2,8	+4,0
Mitt.	−5,5	−6,9	−4,2	+0,6	+7,2	+11,7	+13,4	+13,5	+8,2	+3,4	−1,4	−3,0	+3,08

1) Ich hielt es noch nicht der Mühe werth, hier die strengen Interpolationsmethoden anzuwenden, da die so große Anzahl von Beobachtungen einen bedeutenden Zeitaufwand erfordert hätte; es wird indeſs geschehen, sobald eine gröſsere Anzahl von Jahren beisammen seyn wird.

Man kann vorläufig aus diesen Beobachtungen folgende Schlüsse ziehen:

1) Die höchste Temperatur tritt im Winter um 2^h Nachmittags ein, im Sommer aber bedeutend später.

2) Die Gränzen, innerhalb welcher sich die mittleren Temperaturen der einzelnen Stunden bewegen, sind:

Für den Januar	0°,9	Juli	5°,0
- - Februar	1°,8	August	5°,7
- - März	3°,8	September	4°,3
- - April	4°,8	October	2°,2
- - Mai	6°,0	November	1°,2
- - Juni	5°,7	December	0°,7
		Mittel	3°,3

Man sieht, dafs die Gränzen im Sommer bei weitem gröfser sind, als im Winter; sie verhalten sich ungefähr wie die Cosinusse der mittlern Zenithdistanzen der Sonne, und würden sich vielleicht genau so verhalten, wenn man eine gröfsere Reihe von Jahren hindurch beobachtet hätte. Der Juli macht eine merkwürdige Ausnahme.

Dieselbe Tabelle kann uns dienen, um die Correction zu berechnen, welche an Mitteln anzubringen sind, die aus andern Beobachtungsstunden gefunden sind.

Seit dem Juli 1835 bis zu dem Ende des 1840sten Jahres wurden im magnetischen Observatorium des Berginstituts nur am Tage Beobachtungen angestellt, und zwar alle zwei Stunden, von 8^h Morgens bis 10^h Abends. Zehn Uhr Morgens und 10 Uhr Abends angestellte Beobachtungen geben bekanntlich sehr genau die mittlere Temperatur des Tages, wie man sich leicht aus der vorhergehenden Tabelle überzeugen kann. Man findet nämlich, wenn man die Mittel von 10^h Morgens und 10^h Abends mit den Mitteln von allen 24 Stunden vergleicht:

Mittel von 22^h u. 10^h.		Mittel von allen 24 Beob	Unterschied.
Januar	— 5,6	— 5,5	+ 0,1
Februar	— 7,1	— 6,9	+ 0,2
März	— 4,4	— 4,2	+ 0,2
April	+ 0,6	+ 0,6	0,0
Mai	+ 7,2	+ 7,2	0,0
Juni	+11,6	+11,7	+ 0,1

	Mittel von 22^h u. 10^h.	Mittel von allen 24 Beob.	Unterschied.
Juli	+13,4	+13,4	0,0
August	+13,5	+13,5	0,0
September	+ 8,2	+ 8,2	0,0
October	+ 3,3	+ 3,4	+ 0,1
November	— 1,6	— 1,4	+ 0,2
December	— 3,0	— 3,1	0,0
Total	+ 3,0	+ 3,1	+ 0,1

Die Beobachtungen von **Wischnewsky** [1]) reichen von 1822 bis zu Juni 1835. Sie sind um 7^h Morgens, 2^h Nachmittags und 9^h Abends angestellt worden. Diese Stunden geben nach der Formel

$$T = \frac{1}{4}(VII + II + 2\,IX)$$

berechnet, auch gute Mittel, wie man aus der nachstehenden Tabelle sehen kann:

Januar	— 5,5	— 5,5	0,0
Februar	— 6,9	— 6,9	0,0
März	— 4,1	— 4,2	— 0,1
April	+ 0,7	+ 0,6	— 0,1
Mai	+ 7,3	+ 7,2	— 0,1
Juni	+11,8	+11,7	— 0,1
Juli	+13,5	+13,4	— 0,1
August	+13,5	+13,5	0,0
September	+ 8,3	+ 8,2	— 0,1
October	+ 3,5	+ 3,4	— 0,1
November	— 1,4	— 1,4	0,0
December	— 2,9	— 3,0	0,1
	+ 3,2	+ 3,1	— 0,1

Von 1806 bis 1821 wurde das Beobachtungsjournal von dem Academiker-Adjuncten **Tarchanof** geführt; die Beobachtungen wurden um 6 Uhr Morgens, 2 Uhr Nachmittags und 10 Uhr Abends angestellt. Das Mittel aus diesen Stunden giebt ebenfalls sehr genau die wahre mittlere Temperatur, wie man sich leicht aus der folgenden Tabelle überzeugen kann:

1) Siehe *Mém. de l'Acad. des sc. de St. Pétersbourg, VI. série, sc. math. phys. et nat. Tom. IV. 1re partie.*

	Mittel aus 6, 2 u. 10^{h}.	Mittel aus allen 24 Beob.	Unterschied.
Januar	— 5,5	— 5,5	0,0
Februar	— 6,9	— 6,9	0,0
März	— 4,2	— 4,2	0,0
April	+ 0,5	+ 0,6	+ 0,1
Mai	+ 7,0	+ 7,2	+ 0,2
Juni	+11,5	+11,7	+ 0,2
Juli	+13,2	+13,4	+ 0,2
August	+13,4	+13,5	+ 0,1
September	+ 8,2	+ 8,2	0,0
October	+ 3,5	+ 3,4	— 0,1
November	— 1,3	— 5,4	— 0,1
December	— 2,8	— 3,0	— 0,2
Mittel	+ 3,1	+ 3,1	

Vor 1805 wurden die täglichen Beobachtungen nicht bekannt gemacht, sondern nur die monatlichen Mittel. Wir werden später auf dieselben zurückkommen.

Ich will hier erst die nach der obigen Tabelle corrigirten monatlichen Mittel der Beobachtungsjahre 1806 bis 1845 geben.

T a -

Jahr.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	Septbr.
1806	— 5,2	— 8,5	—4,6	+1,3	+8,2	+ 9,9	+12,3	+14,8	+10,7
1807	— 8,4	— 2,2	—3,2	—0,2	+5,0	+11,3	+13,1	+14,0	+ 7,9
1808	— 3,7	— 7,6	—7,4	—1,1	+5,8	+12,3	+13,9	+12,3	+ 9,7
1809	—14,8	—11,0	—8,7	—1,2	+6,0	+12,0	+13,2	+12,8	+ 8,9
1810	— 6,6	— 8,5	—7,7	—2,1	+3,5	+ 9,0	+12,0	+11,9	+ 7,2
1811	— 6,8	— 8,6	—1,3	—0,3	+6,7	+12,9	+12,9	+11,6	+ 6,1
1812	— 7,5	— 6,3	—4,4	+1,1	+5,6	+11,1	+14,4	+15,6	+ 6,0
1813	—12,7	— 6,1	—2,1	+3,5	+6,7	+10,7	+16,3	+12,7	+10,9
1814	—17,1	— 9,0	—3,9	+1,3	+4,9	+12,3	+16,6	+13,5	+ 8,1
1815	— 8,2	— 7,2	—3,2	+2,0	+6,7	+10,6	+11,7	+13,4	+ 8,4
1816	— 5,0	—11,3	—4,2	+2,9	+6,1	+12,2	+15,3	+11,7	+ 9,8
1817	— 2,5	— 3,2	—2,9	+1,6	+9,4	+11,4	+15,4	+13,9	+ 6,4
1818	— 4,6	— 4,0	—2,2	—0,3	+5,9	+10,7	+16,4	+11,1	+ 9,4
1819	— 2,9	— 5,7	—3,8	+0,3	+6,4	+14,0	+14,9	+14,6	+11,1
1820	—13,7	— 8,7	—1,7	+3,1	+8,2	+12,1	+13,8	+12,6	+ 9,6
1821	— 5,8	— 6,6	—4,8	+2,1	+8,2	+ 9,1	+12,4	+10,8	+ 7,3
1822	— 4,9	— 1,3	+1,0	+4,6	+7,3	+10,0	+13,6	+12,6	+ 8,7
1823	—10,3	— 8,2	—0,3	+0,7	+6,3	+13,0	+13,5	+13,2	+ 8,3
1824	— 4,9	— 5,0	—2,1	+2,3	+6,3	+ 9,6	+11,8	+11,0	+10,3
1825	— 3,9	— 4,8	—3,0	+1,0	+5,2	+11,7	+11,7	+12,2	+ 7,4
Mitt	—7,48	—6,69	—3,58	+1,14	+6,42	+11,30	+13,76	+12,72	+8,61
1826	— 9,0	— 5,1	—1,0	+2,9	+10,3	+14,1	+16,6	+14,8	+ 8,5
1827	— 5,2	— 7,3	—1,6	+5,8	+ 9,1	+13,4	+13,3	+13,0	+ 9,1
1828	— 9,6	— 9,8	—5,3	+1,5	+ 8,2	+12,9	+15,5	+13,5	+ 7,8
1829	— 9,8	—10,5	—7,2	—0,5	+ 6,9	+11,8	+16,0	+12,1	+ 9,6
1830	— 8,6	— 7,4	—3,2	+1,8	+ 4,8	+11,9	+13,4	+13,8	+ 7,8
1831	—10,1	— 4,1	—6,3	+2,0	+ 6,3	+13,0	+15,1	+12,1	+ 6,9
1832	— 5,9	— 2,9	—3,6	+1,1	+ 6,2	+10,8	+11,2	+11,5	+ 7,1
1833	— 6,8	— 4,6	—5,6	+1,4	+ 6,3	+13,0	+13,7	+10,4	+ 9,1
1834	—11,2	— 6,3	—2,9	+1,1	+ 6,9	+10,4	+13,2	+14,5	+ 7,9
1835	— 4,9	— 2,9	—1,6	+0,9	+ 5,9	+12,4	+13,8	+10,1	+ 8,3
1836	— 7,8	— 4,5	+1,3	+4,7	+ 5,4	+10,6	+11,8	+11,0	+ 7,4
1837	— 7,4	— 3,2	—4,1	+1,3	+ 7,5	+10,7	+11,3	+13,1	+ 7,8
1838	—12,7	—11,5	—5,9	+1,5	+ 5,9	+ 9,7	+13,3	+11,9	+10,6
1839	— 6,2	— 7,4	—7,8	—2,0	+10,9	+11,4	+15,2	+13,3	+ 9,1
1840	— 6,2	— 7,6	—5,3	+0,6	+ 5,9	+11,4	+12,8	+11,9	+ 8,7
1841	— 7,9	— 8,0	—2,7	+3,5	+ 9,0	+13,9	+13,3	+13,4	+ 8,1
1842	— 8,5	— 2,1	—2,7	—0,4	+ 8,7	+11,1	+13,4	+13,7	+ 7,4
1843	— 1,5	— 1,8	—3,4	—0,2	+ 4,4	+12,3	+13,5	+14,2	+ 8,1
1844	— 7,0	—12,0	—4,1	+1,5	+ 9,1	+10,6	+12,9	+13,3	+ 9,0
1845	— 2,7	—10,8	—8,3	—1,2	+ 4,7	+10,3	+14,0	+12,9	+ 8,5
Mitt.	—7,45	—6,49	—4,04	+1,37	+7,12	+11,79	+13,69	+12,23	+8,34

1) Die mittlere Temperatur des Monats December 1805 war — 2,9.

belle II.

Octbr.	Novbr.	Decbr.	Winter.	¹) Früh-jahr.	Sommer.	Herbst.	Jahres-mittel.	Mittel aus 5 Jahren.
+2,9	−1,9	−2,1	−5,5	+1,6	+12,3	+3,9	+3,1	
+2,7	+0,2	−2,9	−4,2	+0,5	+12,8	+3,6	+3,1	
+4,4	−1,6	−9,9	−4,7	−0,9	+12,8	+4,2	+2,2	
+2,8	−5,5	−3,5	−11,9	−1,3	+12,7	+2,1	+0,9	
+2,4	−4,2	−4,1	−6,2	−2,1	+11,0	+1,8	+1,0	+2,06
−0,2	−0,3	−3,1	−6,5	+1,7	+12,5	+1,9	+2,5	
+3,7	−4,2	−11,4	−5,6	+0,8	+13,7	+1,8	+1,9	
+1,7	+1,1	−6,5	−10,1	+2,7	+13,2	+4,4	+3,0	
+1,7	+0,6	−3,8	−10,9	+0,8	+14,1	+3,5	+2,1	
+3,7	+0,0	−5,3	−6,4	+1,8	+11,9	+4,0	+2,7	+2,44
+2,3	−2,0	−4,3	−7,2	+1,6	+13,1	+3,4	+2,8	
+1,0	−2,8	−14,1	−3,3	+2,7	+13,6	+1,5	+2,8	
+4,1	−1,5	−2,3	−7,6	+1,1	+12,7	+4,0	+3,5	
+5,0	−3,8	−13,5	−3,6	+1,0	+14,5	+4,1	+3,0	
+4,6	−0,9	−8,6	−12,0	+3,2	+12,8	+1,8	+2,5	+2,92
+5,5	+0,5	−1,6	−7,0	+1,8	+10,8	+4,4	+3,1	
+4,4	+0,3	−1,8	−2,6	+4,3	+12,1	+4,5	+4,5	
+5,5	−2,7	−2,1	−6,8	+2,2	+13,2	+3,7	+3,0	
+3,2	0,0	−2,5	−4,0	+2,2	+10,8	+4,4	+3,3	
+4,7	+1,8	−4,5	−3,7	+1,1	+11,9	+4,6	+3,2	+3,42
+3,31	−1,35	−5,40	−6,49	+1,34	+12,63	+3,38	+2,71	
+5,9	+1,6	−0,3	−6,2	+4,1	+15,2	+5,3	+4,9	
+3,1	−2,1	−3,1	−4,3	+4,4	+13,2	+3,4	+3,8	
+4,0	−1,7	−8,2	−7,5	+1,5	+14,0	+3,4	+2,4	
+2,5	−2,6	−6,7	−9,5	−0,3	+13,3	+3,2	+1,8	
+4,0	+0,2	−4,3	−7,6	+1,1	+13,0	+4,0	+2,8	+3,14
+3,5	−0,4	−5,4	−6,2	+0,7	+13,4	+3,3	+2,7	
+4,1	−4,4	−5,9	−4,7	+1,4	+11,2	+2,3	+2,6	
+4,5	+1,4	−6,2	−5,8	+0,7	+12,4	+5,0	+3,0	
+3,6	−1,5	−4,7	−7,9	+1,7	+12,7	+3,3	+2,0	
+4,0	−4,1	−10,1	−4,2	+1,7	+12,1	+2,7	+2,7	+2,60
+5,7	−1,3	−4,3	−7,5	+3,8	+11,1	+3,9	+3,4	
+2,4	−1,2	−6,0	−5,0	+1,6	+11,7	+3,8	+2,9	
+2,7	−1,3	−3,1	−10,1	+0,5	+11,6	+4,0	+1,8	
+3,6	−2,6	−11,5	−5,6	+0,5	+13,3	+3,4	+2,2	
+2,4	−3,2	−10,3	−8,3	+0,4	+12,0	+2,6	+1,8	+2,42
+4,6	−0,5	−0,9	−8,7	+3,3	+13,5	+4,1	+3,8	
+2,3	−1,7	−1,3	−3,8	+1,9	+12,7	+2,7	+3,3	
+3,7	−1,9	−2,1	−1,5	+0,3	+13,3	+2,9	+3,8	
+3,8	−4,1	−6,8	−7,0	+2,2	+12,3	+2,9	+2,2	
+2,7	+1,0	+3,4	−6,8	−1,6	+12,7	+4,1	+2,3	+3,08
+3,68	−1,30	−5,23	−6,41	+1,48	+12,72	+3,52	+2,81	

Die Beobachtungen wurden von 1835 an nicht mehr im Hause der Academie gemacht, sondern im magnetischen Observatorium des Berginstituts; es fragt sich aber, ob diese Uebersiedelung nicht einen Einflufs auf den mittleren Werth der beobachteten Temperaturen hatte; deshalb wurden ein halbes Jahr lang gleichzeitige Beobachtungen gemacht, deren Resultate in folgender Tabelle zusammengestellt sind:

		Mittlere Temp. im magnetischen Observatorium.	Mittl. Temp. in d. Acad.
1835	Juli	+13,8	+13,1
	August	+10,1	+10,3
	September	+ 8,3	+ 8,7
	October	+ 4,0	+ 3,8
	November	− 4,1	− 3,8
	December	−10,1	− 9,5
	Mittel	+ 3,7	+ 3,8

Diese Tabelle lehrt uns, dafs die Temperaturen, die an verschiedenen Punkten der Stadt beobachtet wurden, im Jahresmittel zwar nur unbedeutend von einander abweichen, dafs aber die monatlichen Mittel je nach der Stellung der Beobachtungsorte weiter aus einander rücken können. Das Gebäude der Academie der Wissenschaften liegt dem Mittelpunkte der Stadt näher als das Berginstitut und ist dem Nord- und Nordwestwinde weniger ausgesetzt; das Berginstitut liegt fast an der nordwestlichen Gränze der Stadt, die hier von der sumpfigen Ebene des Newadelta gebildet wird. Im Gebäude der Academie der Wissenschaften war das Thermometer von aufsen an einem Fenster des grofsen steinernen Gebäudes befestigt; das magnetische Observatorium im Berginstitut ist in einem kleinen hölzernen Gebäude, das mitten in einem Garten liegt. Diese Verschiedenheiten in der Lage können Verschiedenheiten in der Temperatur hervorbringen, die sich erst in einer langen Reihe von Beobachtungen ausgleichen.

Die Beobachtungen, die vor dem Jahre 1806 ebenfalls in der Academie der Wissenschaften gemacht worden, sind gröfstentheils nicht aufbewahrt worden, wenigstens habe ich

ungeachtet alles Nachsuchens nicht mehr auffinden können, als die Jahrgänge 1753 bis 1761 von Lerche; für die Jahre 1743 bis 1782 fanden sich thermometrische Beobachtungen graphisch auf Netzpapier dargestellt, ohne Angabe der Beobachtungsstunden, die, wie es scheint, nicht genau eingehalten worden; aber die Resultate der Beobachtungen sind alljährlich in den Abhandlungen der Academie bekannt gemacht worden. Sie wurden dreimal täglich gemacht, bei Aufgang der Sonne oder zwischen 6 bis 7 Uhr Morgens, gegen 2 Uhr Nachmittags, und Abends gegen 10 Uhr; das Mittel mag also wohl ungefähr die wahre mittlere Temperatur geben; doch ist es unmöglich, es scharf zu beweisen.

Die Beobachtungen von Lerche sind ebenfalls nicht immer zu denselben Stunden gemacht worden; ich habe also bei Berechnung derselben folgende Methode angewandt:

Erst brachte ich die Stunden unter drei Abtheilungen, die Morgen-, die Mittags- und die Abendstunden; hierauf berechnete ich für jeden Monat besonders die mittlere Zeit der Morgen-, Mittags- und Abendbeobachtungen.

Für diese mittleren Zeiten berechnete ich ebenfalls für jeden Monat besonders die mittleren Temperaturen nach der ersten Tabelle. Dann nahm ich das Mittel aus den mittleren Temperaturen und verglich es mit dem wahren Mittel des Tages. Diese Vergleichung gab mir die Correction, die am Mittel der von Lerche angestellten Beobachtungen anzubringen war, um sie auf die wahre mittlere Temperatur der Monate zu reduciren.

So wurden folgende mittlere Temperaturen gefunden:

Jahr.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.
1753	— 7,0	— 7,7	— 1,2	+ 2,4	+ 8,3	+11,5	+14,4	+13,0
1754	— 7,0	— 9,5	— 5,7	+ 3,7	+ 8,3	+13,6	+14,1	+11,6
1755	— 8,6	— 9,8	— 3,9	+ 2,0	+ 9,1	+14,4	+16,0	+11,9
1756	— 4,7	— 1,3	— 3,1	+ 2,9	+ 6,7	+13,2	+15,1	+10,7
1757	— 9,5	— 3,9	— 2,5	+ 4,5	+ 8,5	+15,5	+18,3	+14,8
1758	—13,2	— 8,5	— 3,8	+ 1,0	+ 6,5	+11,7	+14,2	+12,0
1759	— 4,3	— 4,6	— 3,1	+ 1,1	+ 4,8	+12,8	+14,0	+15,3
1760	—16,6	— 5,7	— 6,2	— 1,2	+ 6,7	+11,6	+13,2	+12,3
1761	— 8,0	— 6,4	— 1,3	+ 1,8	+ 8,1	+14,0	+16,2	+14,9
Mittel	— 8,8	— 6,4	— 3,4	+ 2,0	+ 7,4	+13,1	+15,1	+12,9

Von 1744 an wurden die Maxima und Minima jeden Monat beobachtet, doch nach altem Styl, so dafs wohl nur die Jahresmittel zu brauchen sind. Es sind folgende:

Jahr.	Mittel aus den Max. u. Min. der 12 Monate.	Mittel aus 5 Jahr.	Jahr.	Mittel aus den Max. u. Min. der 12 Monate.	Mittel aus 5 Jahr.
1744	+2,6		1759	+2,8	
1745	+2,1		1760	+1,1	2,80
1746	+2,9		1761	+2,9	
1749	+2,5		1762	+2,7	
1750	+2,6	2,54	1763	+1,5	
1751	+3,6		1764	+2,7	
1752	+4,3		1765	+2,2	2,40
1753	+3,8		1766	+2,9	
1754	+3,2		1767	+2,7	
1755	+3,3	3,64	1768	+2,8	
1756	+3,4		1769	+1,7	
1757	+4,0		1770	+4,1	2,82
1758	+2,7		1771	+1,0	

Die monatlichen Maxima und Minima von den Jahren 1753, 1761 geben ein Mittel von 3,02, während das Mittel aus den mittleren Temperaturen derselben Jahre nach den eben mitgetheilten Lerche'schen Beobachtungen 2,98 ist; man sieht hieraus, dafs die monatlichen Maxima und Minima sehr genau die mittlere Jahrestemperatur geben, wenn man eine gröfsere Reihe von Jahren nimmt; dasselbe Gesetz geht auch aus spätern Beobachtungen hervor (siehe *Observations météorologiques de St. Pétersbourg*, *Mém. de*

Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.	Winter.	Frühjahr.	Sommer.	Herbst.	Jahresmittel.
+ 9,6	+ 5,6	+ 0,2	− 9,7		+ 3,2	+13,0	+ 5,1	+ 3,3
+ 7,6	+ 4,5	− 0,5	− 3,8	− 8,7	+ 2,1	+13,1	+ 3,9	+ 3,1
+ 8,9	+ 5,7	+ 1,2	− 6,3	− 7,4	+ 2,4	+14,1	+ 5,3	+ 3,4
+ 8,8	+ 4,1	− 1,5	− 7,5	− 4,1	+ 2,2	+13,0	+ 3,8	+ 3,6
+10,5	− 0,1	+ 0,3	− 8,4	− 7,0	+ 3,5	+16,2	+ 3,6	+ 4,0
+ 7,1	+ 1,9	− 1,1	− 6,6	−10,0	+ 1,2	+12,6	+ 2,6	+ 1,7
+ 8,4	+ 2,7	− 2,7	−10,9	− 5,2	+ 0,9	+14,0	+ 2,8	+ 2,8
+ 8,9	+ 1,9	− 0,1	− 6,5	−11,1	− 0,2	+12,4	+ 3,6	+ 1,5
+10,5	+ 1,7	− 0,7	− 9,7	− 7,0	+ 2,9	+15,0	+ 3,8	+ 3,4
+ 8,9	+ 3,1	− 0,5	− 7,7	− 6,7	+ 2,0	+13,7	+ 3,8	+ 3,0

l'Académie des sc. de St. Pétersbourg, VI. série, Tom. IV, I. partie). Wir können also das Mittel aus den in der obigen Tabelle für die Jahre 1762—1771 angesetzten Zahlen als die wahre mittlere Temperatur von St. Petersburg für jene Jahre ansehen.

Vom Jahre 1772 an wurde wieder nach neuem Styl beobachtet, aber auch nur die Maxima und Minima jedes Monats mitgetheilt [1]). Die so erhaltenen Mittel sind:

Jahr.	Mittel aus den monatl. Max. u. Min.	Mittel aus 5 Jahr.	Jahr.	Mittel aus den monatl. Max. u. Min.	Mittel aus 5 Jahr.
1772	+3,6		1787	+3,5	
1773	+2,9		1788	+2,4	
1774	+2,0		1789	+2,4	
1775	+2,9	2,48	1790	+1,4	2,24
1776	+1,9		1791	+3,3	
1777	+1,9		1792	+2,4	
1778	+2,2		1793	+3,4	
1779	+2,6		1794	+3,8	
1780	+1,2	1,96	1795	+2,6	3,10
1781	+2,1		1796	+2,8	
1782	+1,2		1797	+2,8	
1783	+2,3		1798	+2,4	
1784	+2,0		1799	+1,5	
1785	±0,0	1,52	1800	+1,4	2,18
1786	+1,5				

Man sieht aus diesen Beobachtungen,

1) dafs die mittlere Temperatur von St. Petersburg, wenn man 5jährige Mittel nimmt, in einem fortschreitenden

1) Siehe Tom. XVIII. des *Novi Commentarii Acad. sc. Petrop.*

Fallen und Steigen begriffen gewesen ist, aber ohne in dieser fort- und rückschreitenden Bewegung sich an irgend eine regelmäfsige Periode zu halten;

2) Wenn man die Mittel von zwanzig zu zwanzig Jahren nimmt, so verschwindet dieses Steigen und Fallen noch nicht, wie man an der nachfolgenden Tabelle sehen kann:

Jahre.	Mittel.
1744—1765	+2,90
1766—1785	+2,20
1786—1800	+2,51
1806—1825	+2,71
1826—1845	+2,81

Unter diesen Zahlen, die 100 Jahre begreifen, findet sich zwar ein Minimum, aber kein Maximum; wenn also eine Periode existirt, so mufs sie mehr als 100 Jahre gebrauchen, um ihren Kreislauf zu vollenden. Es ist gewifs erlaubt, dabei an die magnetische Periode zu denken, deren Länge auch noch nicht genau genug ermittelt worden ist; eine Coincidenz zwischen beiden wäre hier nicht unmöglich.

3) Die angedeutete Säcularänderung der mittlern Temperatur ist so gering (sie beträgt wohl nicht mehr als höchstens $\frac{3}{4}^{0}$ R.), dafs sie nur durch thermometrische, mit Umsicht angestellte Beobachtungen ermittelt werden kann; auf die Vegetationsperioden kann sie wohl nur einen sehr unbedeutenden Einflufs haben. Im Frühjahr sowohl als im Herbst ändert sich die Temperatur so rasch, dafs eine Aenderung von $\frac{3}{4}^{0}$ in der Monatstemperatur die Blüthe- oder Erntezeit nur um 4 bis 5 Tage versetzen würde. Dafs aber die Vegetationsperioden sich selbst in zweitausend Jahren nicht merklich geändert haben, wie Dureau de la Malle für Italien gezeigt hat, das beweist nur, dafs die Säcularänderungen der mittlern Temperatur nicht fortschreitend sind, sondern periodisch seyn müssen. Diese Thatsache steht also in keinem Widerspruche mit dem Obigen.

III.

III. *Ueber den Wassergehalt der Atmosphäre; von H. W. Dove.*

(Gelesen in der Academie zu Berlin im April 1849.)

Der belebende Einfluſs der Feuchtigkeit tritt überraschend hervor, wenn man sich in der Gluth des Sommers dem Meeresufer nähert oder im Innern der Continente einer Wassersammlung, sie möge noch so unerheblich seyn. Der Gegensatz zwischen der nackten Bodenfläche eines Wüstenplateaus und den Ufern eines Binnensee's kann daher zu der Vorstellung führen, daſs die Feuchtigkeitsverhältnisse mehr localer Art seyen. Diese Vorstellung findet eine scheinbar evidente Bestätigung in den sehr ungleichen Mengen Wassers, die oft an wenig von einander entfernten Orten aus der Atmosphäre herabfallen. Aber dieser Ansicht tritt unmittelbar die Bemerkung entgegen, daſs die Atmosphäre immer bewegt ist, daſs die Windstille ein Wunder, nicht der Wind, daſs daher locale Einflüsse nicht von der Bedeutung seyn können, wie man es ohne Weiteres anzunehmen geneigt ist.

In dem ersten Stadium der Eudiometrie ging man von der Vorstellung aus, daſs die Luft an nahe gelegenen Orten dennoch ein verschiedenes Verhältniſs ihrer gasförmigen Bestandtheile zeigen werde. Die Erfahrung widerlegte diese Vorstellung als irrig. Sie zeigte eine überraschende Gleichförmigkeit, wo man die gröſste Verschiedenheit vermuthet hatte. In dem ununterbrochenen Austausch der Luftmassen zwischen den niedern und höhern Breiten sucht die neuere Chemie einen Erklärungsgrund der Constanz des Sauerstoffes und der Kohlensäure. Sollte der Wasserdampf sich ganz anders verhalten?

Es ist zunächst klar, daſs das Hauptreservoir, aus welchem die Atmosphäre ihren Wassergehalt schöpft, die Oberfläche des Meeres ist, daſs dagegen die in den Ländern eingeschlossenen Wasserflächen eine unerhebliche Gröſse ha-

ben. Strömt nun Luft, welche in längerer oder kürzerer Zeit die Meeresfläche berührt hat, über den Continent, so wird sie ihren Wassergehalt ungeändert behalten, wenn das, was sie durch Niederschlag verliert, ergänzt wird durch das, was neue Verdunstung ihr zuführt. Da aber diese Verdunstung gegen die ursprüngliche über der See eine wenig erhebliche ist, so wird sie im Allgemeinen ihren Wassergehalt behalten, wenn keine Niederschläge vorkommen, hingegen ihn erniedrigen, wenn diese eintreten. Die Bedingung des Niederschlages ist desto weniger vorhanden, je höher die Temperatur des Bodens, über welchen die Luft strömt, verglichen mit der des Meeres ist, wo das Wasser verdunstete, hingegen desto mehr, je tiefer die Temperatur des festen Bodens unter die des Meeres herabsinkt. Im Allgemeinen wird also der Wassergehalt der Atmosphäre über dem Meere und dem Lande wenig verschieden seyn, wenn das Land eine höhere Temperatur hat als das Meer, hingegen wird er mit Entfernung von der Küste im Lande abnehmen, wenn das Land kälter ist als das Meer. Da nun im Sommer die Continente eine höhere Temperatur als das Meer haben, im Winter eine niedrigere, so folgt daraus der allgemeine Satz:

im Sommer ist der Wassergehalt der Luft über dem Lande und Meere wenig verschieden; im Winter hingegen nimmt derselbe von der Küste nach dem Innern der Continente zu ab.

Unter Wassergehalt wird die in einer gegebenen Raumeseinheit als Dampf vorhandene Gewichtsmenge Wasser verstanden, welche der Spannkraft derselben proportional ist. Der eben ausgesprochene Satz ist das Resultat einer ausführlichen Berechnung der Monatsmittel aller dem Verf. zugänglichen Stationen, von welchen die Elasticität des Dampfes durch unmittelbare Beobachtung des Condensationspunktes oder auf psychrometrischem Wege gefunden ist. Das empirische Ergebnifs dieser Arbeit ist folgendes, die Elasticität in Pariser Linien ausgedrückt.

In der Gegend der Windstillen und in der dem Aequa-

tor nächsten Zone des Mousson ist die Spannung der Dämpfe am gröfsten und zugleich die Oscillation, d. h. der Unterschied des gröfsten und kleinsten Monatsmittels, nicht erheblich. In Trevandrum, in Vorderindien, beträgt das Jahresmittel 9''',04, die Oscillation 1''',56, in Buitenzorg auf Java jenes 7,59, die Oscillation 0,88, in St. Vincent 7,86, Oscillation 0,80. Da, wo am Meeresufer die jährliche Veränderung unerheblich, ist sie es auch in bedeutender Höhe, wo die Elasticität natürlich weit unbedeutender. So wenn man Madras mit dem 8100' hohen Dodabetta vergleicht. Die Elasticität beträgt im Mittel der Tagesbeobachtungen 9,59, Oscillation 2,47, auf dem Dodabetta 4,12 und 1,46. Nähert man sich hingegen in der Gegend der Moussons mehr der äufsern Gränze, so wird die Oscillation äufserst bedeutend und erstreckt sich auch auf erhebliche Höhen. Sie ist in Calcutta 6,16, in Delhi 6,66, in Benares 7,27, in Peking 6,98 und scheint ihr Maximum in der Gegend von Chusan zu erreichen, denn hier ist der Unterschied zwischen September und December 8,10, also zwischen dem heifsesten und kältesten Monat noch erheblicher. In Mercara, in 4500' Höhe, beträgt sie 5,77, in Punah 6,25, in Seringapatam 6,67, in Nasirabad 4,46. Für die Feuchtigkeitsverhältnisse zeigt also Hindostan und China das excessivste Klima. So grofse Unterschiede finden sich auf der südlichen Erdhälfte nicht; in Souillac und Port Louis auf Mauritius ist die Oscillation 3,4, im Port Jackson 4,48, in Melbourne 3,49; hingegen ist der mittlere Druck der Dämpfe hier überall erheblich, auf Mauritius über 8 Linien, in Port Jackson 6,48, in Melbourne 5,85. Dagegen im atlantischen Ocean geringer, in St. Helena nur 5,28, aufserdem aber bei der constanten Richtung des Passats die Veränderung unerheblich, nämlich 1,67, freilich in der Höhe von 1760'*e*, aber in Ascension am Meeresufer auch nur 2,23. Für die heifse Zone gilt daher folgende Regel: überall, wo bei höherem Sonnenstande Aequatorialströme wehen, bei niederem Polarströme, ist die jährliche Veränderung bedeutend, hingegen ist sie unbedeutend, wo das ganze Jahr hindurch die Windesrich-

tung mehr constant oder wo die Abwechselung von Polar- und Aequatorialströmen im umgekehrten Sinne erfolgt.

Dasselbe gilt auch für die gemäſsigte Zone. In Nordamerika ist, wie früher vom Verf. gezeigt wurde, die Windesrichtung in den Sommermonaten südlicher als in den Wintermonaten, in Europa hingegen im Winter südlicher als im Sommer. Daher ist auch unter gleicher Breite in Amerika die Oscillation erheblicher als in Europa. In Hudson am Ohio ist sie 5,52, in Albany 5,67, in Philadelphia 5,06, ja in Toronto noch 4 Linien, während sie in Neapel nur 3,64 beträgt, in Rom 3,49, in Mailand 3,58, also fast genau wie in Deutschland, wo sie im Mittel etwas mehr als 3 Linien beträgt, während sie in den Niederlanden eben diese Gröſse erreicht und in England etwas darunter bleibt. Denn da Italien im Sommer in den rückwärts verlängerten Passat aufgenommen wird, so nimmt die Spannung der Dämpfe hier nicht im Verhältniſs der Temperaturerhöhung nach dem Sommer hin zu, während es im Winter, wo es in den herabkommenden obern Passat tritt, die Elasticität nördlich gelegener Gegenden erheblich übertrifft. In hygrometrischen Verhältnissen ist daher das Klima der vereinigten Staaten weit excessiver als das des südlichen Europa's. Nur an der Westküste Amerika's treten auch hierin den europäischen ähnliche Verhältnisse hervor; in Sitcha ist die Oscillation 2,25, also dieselbe wie in Makerstoun, wo sie 2,30 beträgt.

Daſs der Unterschied des Seeklima's und des continentalen in den Monaten, wo der Continent wärmer als das Land ist, sich nicht sowohl auf die Menge des in der Luft enthaltenen Wassers bezieht, als vielmehr auf die relative Feuchtigkeit, wie es oben näher motivirt worden ist, geht nun entschieden aus den Beobachtungen hervor. Die Elasticität der Dämpfe beträgt im Juli in Nertchinsk 5,08, in Barnaul 4,98, in Berlin 4,91, in Brüssel 5,06, in Greenwich 5,00, in Mailand 5,37, also durchaus unerhebliche Unterschiede. Ganz anders verhält es sich im Winter; hier hat das Land eine bedeutend niedrigere Temperatur als die See,

und daher findet der Seewind bei seinem Fortschreiten über das Land sich immer steigernde Ursachen zum Niederschlag. Im Januar ist daher in England die Elasticität der Dämpfe 2,5, in Deutschland 1,5 bis 2, im europäischen Rufsland etwa 1, in Barnaul 0,6, in Nertchinsk sogar nur 0,2. Da aufserdem die ganze Luftmasse von der Nordgränze des Mousson an nach Süden fliefst, so erniedrigt sich nun sogar in Peking die Elasticität der Dämpfe bis 0,87.

Betrachtet man die jährliche Veränderung der Elasticität des Wasserdampfes unter den verschiedenen Breitenkreisen, so ist klar, dafs für jeden die Menge des Dampfes zunimmt von den kältern zu den wärmern Monaten hin; es wird also in der That zu den permanent drückenden Gasarten ein periodisch veränderlicher Antheil hinzugefügt. Er würde für die ganze Erde dennoch stets derselbe seyn, wenn die Verhältnisse des Festen und Flüssigen unter den verschiedenen Breitenkreisen dieselben wären. Diefs ist aber nicht der Fall, besonders wenn man die südliche Erdhälfte mit der nördlichen vergleicht. Die Gesammtmasse des Dampfes auf der ganzen Erde hat daher eine jährliche periodische Veränderung, wie sie durch die Monatsisothermen für die Gesammttemperatur der Erde bereits erwiesen ist, aber die trockne Luft nicht; diese bleibt dieselbe und verändert nur ihre Stelle auf der Erde. Darin liegt die innere Nothwendigkeit, dafs die Veränderungen des Druckes der trocknen Luft unabhängig betrachtet werden müssen von denen des Wasserdampfes, und dafs erst aus der Zusammensezzung beider die jährlichen Veränderungen des Barometers erklärt werden können, denn eine constante Gröfse darf nicht in derselben Weise behandelt werden als eine variable. Diese im Jahre 1842 vom Verf. unternommene Sonderung (Bericht 1842 S. 303)[1]) ist nach dem jetzt sehr erweiterten Material wiederholt worden und wurde in Tafeln und graphischen Darstellungen vorgelegt. Der in Sitcha vom Winter zum Sommer hin zunehmende Druck der trocknen Luft zeigt deutlich, dafs die in den Sommermona-

1) Pogg. Ann. Bd. 58, S. 177.

ten über Asien aufsteigende Luft seitlich in der Höhe abfliefst und sich besonders an der Westküste von Amerika aufhäuft, während unten von allen Seiten her die Luft nach diesem Anziehungspunkt hin zuströmt. Das Ochotzkische Meer bildet hier die Gränze, denn in seiner Barometercurve zeigt Udskoi, an der Westküste, noch ganz die Verhältnisse Centralasiens, während Peter Paulshafen bereits aufserhalb derselben fällt.

Die Rückwirkung, welche die Bodencultur auf die Atmosphäre äufsert, ist nach den hier erläuterten Bedingungen bei Vernichtung der Wälder nicht sowohl eine Austrocknung der Atmosphäre, als vielmehr eine Verminderung der Abkühlungsursachen, welche den durchsichtigen Wasserdampf zum Niederschlag bestimmen. Was die Regenmenge betrifft, so würde diese dessenungeachtet für die ganze Erde unverändert bleiben können, da die periodische Temperaturerniedrigung der gesammten Atmosphäre vom Januar zum Juli hin einen bestimmten Antheil Wasserdampf zwingt, in einen niedrigen Agregationszustand, er sey nun flüssig oder fest, zurückzutreten. Wenn aber locale Abkühlungsursachen dauernd vermindert werden, so kann dieselbe Regenmenge nur in einigen vereinzelten Fällen massenweise herabfallen, die in geringern Antheilen das ganze Jahr hindurch gleichmäfsig vertheilt, der Vegetation in weit höherm Maafse zu Gute kommt. Auch bei der Frage über die Regenverhältnisse ist daher das jährliche Mittel von untergeordneter Bedeutung, die Vertheilung in der Jahresperiode wie überall die Hauptsache.

In Beziehung auf die nachfolgenden Tafeln ist Folgendes zu bemerken:

Alle in der Tafel I. enthaltenen Bestimmungen der Elasticität des Dampfes gründen sich entweder auf Beobachtungen mit dem Daniell'schen Hygrometer oder dem Psychrometer, da Saussure'sche Haarhygrometer zu wenig unter einander vergleichbar sind. Wo die Beobachtungen nicht stündlich oder zweistündlich angestellt sind, wurden die

Stunden gewählt, welche sich dem Mittel möglichst anschliefsen. Mitunter sind aber die Stunden selbst in den Originalbeobachtungen nicht gegeben. Auch sind die Arten, wie von verschiedenen Beobachtern aus den Angaben des trocknen und feuchten Thermometers die Elasticität bestimmt wird, nicht vollkommen identisch. In aller Strenge sind daher alle einzelnen Stationen nicht mit einander zu vergleichen, doch zeigt die Uebereinstimmung nahe gelegener Stationen, dafs die Fehler nicht sehr erheblich sind. Aufserdem ist die geringe Anzahl der Jahre gerade hier kein bedeutendes Hindernifs der Vergleichung, denn der Wassergehalt der Atmosphäre unterscheidet sich in einzelnen Jahren viel weniger, als man nach den grofsen Temperatur-Differenzen vermuthen sollte. Eben deswegen sind warme Jahre relativ trocken. Das Jahresmittel ist aus den zwölf Monatsmitteln bestimmt.

Die Tafel II. enthält die barometrischen Jahrescurven in möglichster Vollständigkeit, und zwar vorzugsweise vieljährige Mittel für die Gegenden, wo die Abweichungen einzelner Jahrgänge von einander erheblich sind. Alle Beobachtungen derselben Station sind, wo es sich ermitteln liefs, auf gleiche Temperatur reducirt, und zwar auf den Frostpunkt, doch ist bei den Stationen, wo die Reduction bereits ausgeführt war, diese beibehalten worden, wie z. B. bei den russischen Stationen, wo die Beobachtungen noch fortgesetzt werden, die daselbst übliche auf $13\frac{1}{3}$ R. War das Mittel der einzelnen Stunden nicht bereits gegeben, so wurde die Mittagsbeobachtung gewählt oder eine passende Combination. Die geographischen Coordinaten sind nicht beigefügt, da sie sich mit wenigen Ausnahmen sämmtlich in den früher veröffentlichten Temperaturtafeln [1]) finden. Der neben dem Namen stehende Exponent bezeichnet die Anzahl der Jahrgänge.

Die Tafel III. enthält die Differenzen der beiden vori-

1) Temperaturtafeln nebst Bemerkungen über die Verbreitung der Wärme auf der Erde. Berlin bei Reimer 1848. 4.

gen, also den Druck der trocknen Luft, wie er sich in der Luftschicht, in welcher sich die Instrumente befinden, ausspricht.

Da es nicht passend schien, die Elasticitätstabelle von den beiden folgenden Tafeln zu trennen, so folgen hier über diese bereits in der Novembersitzung des vorigen Jahres (Bericht 1848 S. 407) vorgelegten Tafeln noch einige nachträgliche Bemerkungen.

Nachdem in der im October 1842 der Academie vorgelegten Arbeit nachgewiesen worden war, dafs nicht nur in der Gegend der Moussons, sondern in ganz Asien bis in hohe Breiten hinauf der atmosphärische Druck von den kälteren Monaten nach den wärmeren abnehme, erscheint das Phänomen der Moussons selbst nicht mehr als ein auf die heifse Zone beschränktes, sondern bildet ein nothwendiges Glied in der Kette von Erscheinungen, welche durch die unsymmetrische Vertheilung des Festen und Flüssigen auf den beiden Erdhälften hervorgerufen werden und welche in der Veränderung der Monatsisothermen ihren bestimmtesten Ausdruck erhalten. Diese Stelle verminderten Druckes bildet für alle nebenliegenden Luftmassen einen Mittelpunkt der Anziehung. Das Heraufrücken des Moussons bis an den Abhang des Himalaja, die im Sommer mit der gröfsten Bestimmtheit vorwaltende nordwestliche Windesrichtung in Europa erläutert sich dadurch ebenso wie die an den Ostküsten Asiens im Sommer vorwaltende östliche Windesrichtung, welche (Abh. 1846 S. 254) als Vermuthung ausgesprochen wurde, jetzt aber bereits durch Beobachtungen immer entschiedener bestätigt wird, während der Zuflufs von den Polargegenden wahrscheinlich ebenfalls später sich klar herausstellen wird. Es ist daher von Wichtigkeit, die Gränzen des primären Phänomens nach allen Seiten hin zu bestimmen, und in dieser Beziehung ist es mit gröfstem Danke anzuerkennen, dafs Hr. Sabine und Hr. Kupffer der Erscheinung ihre besondere Aufmerksamkeit zugewendet haben und Hr. v. Middendorff mit den meteorologischen Ergebnissen die Bekanntmachung seiner Ent-

deckungen in Sibirien eröffnet. Die Veröffentlichung der Beobachtungsjournale von der Baganida, Udskoi, Jakutzk, Sitcha, Irkutzk und den Stationen des Bergwerkinstituts erlauben, das Gebiet nach Norden hin bereits scharf zu bestimmen, während die bald erscheinenden Journale von Hobarttown und vom Cap das, was bisher mehr hypothetisch für die südliche Erdhälfte festgestellt werden kann, quantitativ näher werden bestimmen lassen.

Vergleicht man nämlich die barometrischen Curven des asiatischen und europäischen Rufslands mit denen China's, Hindostans und dem südlichen Gebiete des Moussons bis nach Australien hinab, so sieht man, dafs die in Archangel, Helsingfors, Petersburg bereits angedeutete Einbiegung zur Zeit des heifsesten Monats in Moscau, Kasan entschiedener hervortritt, in Catherinenburg, Barnaul, Irkutzk, Nertchinsk, Jakutzk, Udskoi an Umfang gewinnt und in Peking und Chusan ihre gröfste Höhe erreicht. Von Calcutta nach Madras hin nimmt sie schon bedeutend ab; zugleich rückt das Minimum mehr nach dem Frühjahr hin, wie noch deutlicher die Curve von Trevandrum zeigt, welche das Verständnifs zu der Uebergangscurve von Buitenzorg bildet, die, für sich beobachtet, ganz unverständlich seyn würde. Isle de Bourbon, Capstadt, Port Jackson zeigen die der nördlichen entsprechende Erscheinung auf der südlichen Erdhälfte, aber in einem viel geringeren Maafsstabe.

Das mit dem Minimum des atmosphärischen Druckes der nördlichen Erdhälfte in unserem Sommer der Zeit nach correspondirende Maximum der südlichen compensirt jenes nicht, über Asien fehlt mehr, als südlich ersetzt wird; es kann also nicht blofs von einem Austausch der Luft zwischen beiden Hemisphären die Rede seyn, es mufs ein seitlicher Abflufs stattfinden.

Aber der Gesammtdruck der Atmosphäre ist ein aus dem Druck der trocknen Luft und der Elasticität der Dämpfe resultirender. Wenn von seitlichem Austausch der Luftmassen die Rede seyn soll, mufs der Antheil eliminirt werden, der zu einer bestimmten Zeit als elastischer Begleiter die

Quecksilbersäule mit tragen hilft, zu einer andern in tropfbar flüssiger Form unter dem Gefäfs des Barometers fortfliefst. Für die Beantwortung solcher Fragen ist die Sonderung beider Atmosphären daher unerläfslich.

Die dritte Tafel zeigt, dafs die oben für den Gesammtdruck hervorgehobenen Unterschiede zwischen der südlichen und nördlichen Erdhälfte sich noch steigern, wenn wir nur die trockne Luft berücksichtigen; die Oscillation in Peking übersteigt 15‴, die gröfste auf der südlichen Erdhälfte ist 8 Linien. Aber die Beobachtungen geben noch mehr; sie zeigen evident, nach welcher Richtung hin der seitliche Abflufs erfolgt.

Im ganzen mittleren und westlichen Europa steht das Barometer im Sommer höher als im Frühling und Herbst; dasselbe gilt für Island und Nordamerika; von einem Sommerminimum, wie im Innern von Rufsland und Asien, ist keine Spur. So wie wir aber den Wasserdampf abziehen, schliefsen sich die europäischen Curven vollständig an die asiatischen an. Dafs sie flacher sind, erläutert sich einfach aus der geringen Auflockerung im Sommer, wegen des geringen Unterschiedes zwischen Sommerwärme und Winterkälte. Dafs eine Auflockerung vorhanden ist, zeigt sich deutlich, denn so wie auf den Höhen in Hindostan die concave Krümmung der Curven desto mehr vermindert wird, je mehr diese Höhe zunimmt (Dodabetta 8100′, Ootacamund 6900′, Mercara 4500′, Bangalore 3000′, Seringapatam 2200′), so steigert sich hingegen in Europa mit zunehmender Höhe die convexe Krümmung. Ob aber die geringere Auflockerung in Europa allein durch die unerhebliche thermische Oscillation bedingt wird, ob der grofse asiatische Courant-ascendant in der Höhe durch seitliche Zuflüsse die Masse des Drückenden in Europa vermehrt, möchte sich schwer ermitteln lassen. Evident kann diefs nur dann werden, wenn ein Beobachtungsort sich findet, in welchem der Druck der trocknen Luft vom Winter zum Sommer hin zunimmt. Diefs ist Sitcha, der einzige bis jetzt bekannte Ort, wo die Os-

cillation eine negative Gröfse erreicht. Die über Asien aufsteigende Luft fliefst also im Sommer vorzugsweise in der Höhe nach dem Beringsmeer und dem nördlichen stillen Ocean ab, und wenn man den Gang der Isothermen des Januar mit dem des Juli vergleicht, so wird man darin unmittelbar eine Erklärung finden. Im Allgemeinen nämlich häuft sich die Luft über den concaven Scheiteln der Isothermen an, daher haben die arctischen Länder über Nordamerika ihr Maximum des Druckes im Frühling, denn sie sind eben wie alle Länder bis zur Neufoundlandsbank hinab die Länder des kalten Frühlings. In den durch den Gegensatz des Festen und Flüssigen bedingten Gestaltänderungen der Monatsisothermen liegen daher die primären Ursachen der periodischen Bewegungen des Luftkreises, die, so verwickelt sie sich auch in den kalten und gemäfsigten Zonen zeigen mögen, doch sich werden erläutern lassen.

Aus dem hier Erörterten geht schliefslich hervor, dafs die Atmosphäre zu keiner Zeit des Jahres im Gleichgewicht ist, dafs aber die Punkte, nach denen die Luft in den untern Gegenden hinströmt und von denen sie in der Höhe abströmt, innerhalb der jährlichen Periode veränderlich sind. Daraus folgt ferner, dafs es Orte geben kann, welche immer secundären Einflüssen unterworfen sind, andere, welche zu bestimmten Zeiten des Jahres primäre Bewegungsursachen enthalten, zu andern nicht, oder zwischen denen entgegengesetzten Zeichens abwechseln. So wie aber die Gestalt der Jahresisothermen nur aus den Configurationsverhältnissen der festen und flüssigen Massen resultirt, welche ihre Gestalt in den einzelnen Monaten bedingen, nicht aber unmittelbar aus diesen sich ableiten läfst, eben so wenig läfst sich die Vertheilung des atmosphärischen Druckes an der Meeresoberfläche im Jahresmittel ohne Berücksichtigung der monatlichen barometrischen Curven entwickeln. Um den Sinn der Abweichung aber für jeden einzelnen Ort zu bestimmen, ist den einzelnen Stationen das Jahresmittel stets beigefügt worden.

Das Gesammtergebnifs der hier und früher mitgetheilten Untersuchungen läfst sich schliefslich in folgenden Sätzen zusammenfassen.

1) An allen Beobachtungsorten der heifsen und gemäfsigten Zone nimmt die Elasticität der in der Luft enthaltenen Wasserdämpfe mit steigender Temperatur zu. Diese Zunahme von den kälteren nach den wärmeren Monaten hin ist in der Gegend der Moussons, besonders nach der nördlichen Gränze hin, am bedeutendsten, in Nordamerika in gleicher Breite aber etwas erheblicher als in Europa. Die Gestalt der Elasticitätscurven hat aber in der Gegend der Moussons nicht wie aufserhalb derselben einen entschieden convexen Scheitel, sondern diese bleibt während des Vorherrschens der regenbringenden Moussons mehrere Monate hindurch nahe dieselbe. In der Nähe des Aequators verwandelt sich die convexe Curve der nördlichen Erdhälfte durch allmäliges Verflachen in die concave der südlichen (Buitenzorg). Im atlantischen Ocean scheint die Uebergangsstelle weiter nördlich vom Aequator zu fallen. Während in den wärmsten Monaten die Elasticität an den Küsten sich unter gleicher Breite von der im Innern der Continente wenig unterscheidet, übertrifft sie sie bedeutend im Winter. In Cornwall ist sie im Januar 3''', im Innern von Asien nur eine halbe Linie.

2) Der Druck der trocknen Luft nimmt an allen Stationen mit einziger Ausnahme der Nordwestküste von Amerika (und vielleicht auch Islands) von den kältern Monaten nach den wärmern hin ab. Das Minimum fällt überall in der gemäfsigten Zone auf den wärmsten Monat, daher auf der Nordhälfte auf den Juli, auf der Südhälfte auf den Januar oder Februar. Diese Oscillation ist am gröfsten an der Nordgränze des nördlichen Moussons, auf der Südhälfte in diesem Gebiete überhaupt viel unerheblicher als auf der Nordhälfte, wo sie an den Küsten des Eismeeres noch bedeutend ist.

3) Aus der Zusammenwirkung dieser beiden Veränderungen folgen nun unmittelbar die periodischen Veränderun-

gen des atmosphärischen Druckes, die sich aber, wegen des ungleichen Verhältnisses beider zu einander in verschiedenen Gegenden, äufserst verschieden darstellen.

a) In ganz Asien schiefst sich die barometrische Jahrescurve bis in hohe Breiten hinauf (Baganida, Jakutzk) an die der trocknen Luft an, d. h. der atmosphärische Druck stellt eine hohle Curve dar, die im Juli ihr Minimum erreicht. Im europäischen Rufsland tritt die Tendenz dazu bereits im Meridian von Petersburg hervor und wird mit der Annäherung an den Ural immer entschiedener. Am Caspischen Meere, im Kaukasus ist die Erscheinung schon sehr deutlich ausgeprägt; ihre Gränze läuft von den westlichen Ufern des schwarzen Meeres nach Süden, so dafs Syrien, Aegypten und Abessynien bereits in diefs Gebiet hineinfallen. An der europäischen Gränze zeigt sich im September oder October fast überall ein Maximum, so dafs vom Juli nach dem Herbst hin der Druck schnell zunimmt. Auf dieses Maximum folgt im Spätherbst häufig eine zweite schwächere Einbiegung. Erst jenseits des Ural werden die Curven stätig concav gekrümmt und bleiben es bis an die Ostküste des Continent. Im Winter ist an der Nordgränze des Moussons die absolute Höhe des Barometers sehr bedeutend.

b) Im mittleren und westlichen Europa nimmt der Druck überall vom Januar nach dem Frühling zu ab und erreicht im April in der Regel ein Minimum. Dann erhebt er sich langsam aber stätig bis zum September, und fällt dann rasch nach dem November, wo er in der Regel ein zweites Minimum erreicht. Doch modificiren sich im südlichen Europa diese Erscheinungen etwas, wenn der Ort bei höchstem Sonnenstand in den rückwärts verlängerten Passat aufgenommen wird. In den vereinigten Staaten verschwindet das Frühlingsminimum fast vollständig in einen bis zum April fast unverändert bleibenden Druck, hingegen erscheint das Maximum im September wie in Europa. In Sitcha ist die ganze Jahrescurve convex, was in Europa nur auf höheren Bergen durch das im Sommer eintretende Aufschwellen der ganzen Luftmasse erfolgt. In Island kann die Curve ebenfalls

als convex bezeichnet werden; das Maximum fällt hier in den Mai. Dieses Frühlingsmaximum tritt in den Stationen der Nordpolexpeditionen fast überall gleichartig hervor mit einem ebenfalls ausgesprochenen Minimum im Sommer.

c) In der Gegend des Passats finden sich nur schwächere Andeutungen der periodischen Veränderungen des Gebietes des Monsoon. Sie sind regelmäſsiger im Südost-Passat und Westindia-Monsoon (Rio Janeiro, St. Helena, Ascension, Christiansborg) als im Nordost-Passat (Havannah, Natchez). An der Nordgränze des Passats ist bei hohem Jahresdruck die Oscillation fast verschwindend (Funchal, Honolulu).

d) Zur Bestimmung des mittleren jährlichen Druckes am Meeresspiegel sind einzelne Schiffsbeobachtungen nicht zu gebrauchen, denn bei der unter verschiedenen Längengraden verschiedenen Gröſse der jährlichen periodischen Veränderung können sie ohne Berücksichtigung derselben in der heiſsen Zone zu den gröſsten Irrthümern Veranlassung geben. Erst durch eine Combination vieler Schiffsjournale läſst sich eine Elimination der periodischen Veränderungen erhalten. Der niedrige Druck des Barometers am Cap Horn läſst sich so wie der in der Nähe von Island in dieser Beziehung als bereits constatirte Thatsache feststellen, eben so wie die weite Verbreitung jener Erscheinung in südarktische Gegenden mit groſser Wahrscheinlichkeit annehmen. Die Abnahme des Druckes von dem Wendekreis nach der Gegend der Windstillen in der Passatzone ist ebenfalls als erwiesen zu betrachten. Dieselben Ursachen nämlich, welche in der Gegend des Monsoon in den Meridianen weit herauf und hinab rücken und dadurch im Gebiete derselben an jeder Stelle eine periodische Veränderung erzeugen, sind im Passat mehr unveränderlich fixirt an dieselben Breiten. Die Maxima und Minima liegen daher hier nicht nach einander an demselben Ort, sondern gleichzeitig neben einander an verschiedenen Orten.

Taf. I. Elasticität der Dämpfe. (Par. Linien.)

West-Europa.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr	Osc.
Neapel [7]	3,01	3,02	3,37	3,85	5,07	5,99	6,65	6,55	5,80	4,97	4,13	3,24	4,63	3,64
Rom [2]	2,73	2,83	3,13	3,30	4,60	5,64	6,22	5,68	5,69	4,61	3,64	3,85	4,24	3,49
Mailand [2]	2,51	2,00	2,22	3,16	4,04	5,35	5,37	5,58	4,86	3,72	3,19	2,17	3,68	3,58
Peissenberg [3]	1,70	1,60	1,80	2,38	2,77	3,79	3,98	3,84	3,62	2,80	2,28	1,84	2,70	2,28
Stuttgard [11]	1,54	1,66	1,89	2,02	3,06	3,92	4,11	4,27	3,19	2,79	2,20	1,66	2,69	2,73
Carlsruhe [8]	1,78	1,96	2,20	2,50	3,52	4,50	4,78	5,09	4,38	3,32	2,54	2,01	3,24	3,31
München [4]	1,62	1,81	1,98	2,76	3,52	4,33	4,61	4,52	4,13	3,25	2,45	1,96	3,08	3,05
Aschaffenburg	2,16	2,46	2,26	3,10	3,83	4,43	5,06	5,10	4,05	3,54	2,86	2,42	3,44	2,94
Giengen [4]	1,34	1,11	1,03	2,01	3,13	3,86	4,06	3,86	3,67	2,52	2,03	1,15	2,48	3,03
Kremsmünster [10]	1,48	1,61	1,85	2,02	3,05	3,96	4,42	4,37	3,76	2,66	2,08	1,74	2,75	2,94
Wien [12]	1,44	1,60	1,87	2,57	3,52	4,32	4,54	4,55	3,85	2,88	2,13	1,70	2,92	3,11
Ofen [5]	1,84	1,90	2,26	3,24	4,47	4,99	5,48	5,55	4,52	3,75	2,54	2,04	3,55	4,11
Prag [7]	1,58	1,57	1,83	2,66	3,55	4,36	4,61	4,69	3,92	3,10	2,30	1,70	2,99	3,12
Breslau [14]	1,63	1,55	1,84	2,44	3,47	4,27	4,69	4,77	4,03	3,06	2,15	1,61	2,96	3,22
Jena [3]	1,96	2,11	2,12	2,45	3,70	4,13	4,91	4,42	4,09	2,95	2,28	2,18	3,11	2,95
Halle	2,00	2,11	2,26	2,77	3,47	4,54	5,15	4,74	4,24	3,49	2,50	2,48	3,31	3,15
Berlin [5]	1,91	1,82	2,11	2,79	3,58	4,41	4,91	4,87	4,22	3,43	2,72	2,19	3,25	3,09
Bissingen [5]	1,51	1,64	1,82	2,01	3,15	3,71	4,08	4,26	3,65	2,71	2,13	1,64	2,53	2,75
Winnenden [3]	1,80	1,69	1,95	2,89	3,70	4,52	4,80	4,85	4,21	3,09	2,62	1,54	3,14	3,16
Schössl [4]	1,53	1,57	1,92	2,27	3,29	4,04	4,19	4,29	3,97	2,99	2,36	1,89	2,86	2,76
Utrecht [4]	2,15	2,21	2,50	2,84	3,76	4,19	4,54	4,98	4,42	3,48	2,83	2,43	3,36	2,83
Breda [8]	2,38	2,32	2,53	3,16	3,89	4,78	5,06	5,33	4,66	3,72	2,97	2,41	3,60	3,01
Brüssel [7]	2,40	2,37	2,55	3,18	3,92	4,69	5,06	5,28	4,74	3,72	2,98	2,41	3,61	2,88
London [15]	2,42	2,59	2,89	3,31	4,06	4,76	5,43	5,46	4,85	4,01	3,18	2,84	3,82	3,04
Chiswick [19]	2,76	2,93	3,13	3,54	4,44	5,47	5,97	5,90	5,27	4,32	3,47	3,13	4,19	3,21

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr	Osc.
Greenwich [8]	2,62	2,49	2,71	3,18	3,80	4,79	5,00	5,16	4,75	3,64	3,19	2,69	3,67	2,67
Bolton	2,51	2,60	2,96	3,36	3,87	4,71	5,19	4,86	4,50	3,90	3,34	3,06	3,74	2,68
Crumpsal [5]	2,43	2,51	2,68	3,02	3,50	4,17	4,66	4,75	4,39	3,60	3,10	2,59	3,45	2,32
Makerstoun [2]	2,46	2,05	2,43	2,88	3,12	3,80	4,25	4,30	4,13	2,94	2,79	2,64	3,15	2,25
Dijon [3]	2,42	2,21	2,40	3,18	4,09	4,99	5,50	5,27	4,80	3,87	3,05	2,26	3,67	3,29

Amerika.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr	Osc.
Sitcha [3]	1,56	1,66	1,69	2,11	2,53	3,30	3,83	3,86	3,22	2,66	2,20	2,11	2,56	2,30
Toronto [3]	1,49	1,39	1,64	2,09	2,71	4,49	4,99	5,47	4,53	2,61	2,02	1,55	2,92	4,08
Hudson [7]	1,64	1,67	2,16	3,24	4,19	6,09	7,16	6,77	5,53	3,47	2,22	1,80	3,83	5,52
Syracuse [1]	1,28	1,12	1,71	2,38	3,93	4,52	5,09	5,42	4,75	2,34	2,46	1,36	3,03	4,30
Albany [1]	1,36	1,09	1,32	2,21	3,73	5,40	6,76	5,28	4,95	2,56	1,36	1,23	3,10	5,67
Philadelphia [5]	1,95	1,95	2,52	3,10	4,32	6,14	6,88	7,01	4,54	3,51	2,46	1,95	3,96	5,06
St. Vincent [1]	7,70	7,44	7,65	7,65	8,01	7,97	8,24	8,07	8,07	8,01	8,03	7,50	7,86	0,80
Barbadoes	7,08	—	—	—	8,23	8,50	8,59	8,57	9,23	8,96	8,61	8,07	8,45	2,15

Ost-Europa und Asien.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr	Osc.
Krakau [5]	1,16	1,46	1,57	2,23	2,90	3,69	4,25	4,19	3,55	2,78	1,75	1,50	2,59	3,09
Warschau [3]	1,50	0,97	1,66	2,52	3,41	4,69	5,18	5,23	4,04	3,31	1,95	2,00	3,04	4,26
Petersburg [10]	1,21	1,16	1,35	1,84	2,67	3,74	4,65	4,74	3,60	2,42	1,82	1,36	2,55	3,53
Kasan [1]	0,68	1,02	1,52	2,29	2,49	3,41	4,34	4,12	2,95	2,27	1,13	0,37	2,22	3,97
Lugan [8]	1,21	1,36	1,69	2,42	3,55	4,88	5,31	4,55	3,33	2,77	2,04	1,48	2,88	4,10
Baganida	—	—	—	—	0,46	0,90	2,02	3,51	3,09	1,68	1,10	—	—	—
Bogoslowsk [7]	0,60	0,64	0,96	1,52	2,46	3,82	4,79	3,83	2,73	1,78	2,06	0,54	2,14	4,25
Catherinenburg [10]	0,75	0,79	1,03	1,46	2,06	4,81	4,54	3,91	2,68	1,86	1,14	0,71	2,14	4,10
Slatust [6]	0,69	0,90	1,10	1,69	2,55	4,10	5,08	3,89	2,94	1,78	1,13	0,77	2,22	4,39

Barnaul 5½	0,60	0,71	1,07	1,76	2,62	4,05	4,98	3,18	2,88	1,94	1,04	0,64	2,12	4,38
Tiflis [1]	1,45	2,04	2,27	2,78	4,28	4,48	5,40	5,33	4,67	3,43	2,49	1,91	3,38	3,95
Nertchinsk [2]	0,19	0,24	0,65	1,24	1,87	3,60	5,02	4,22	2,52	1,24	0,57	0,23	1,80	4,83
Jakutzk	—	—	—	—	—	1,60	3,31	4,10	3,64	2,57	0,93	—	—	—
Peking [5]	0,87	1,15	1,58	2,38	3,68	5,43	7,85	7,54	4,99	2,79	1,52	0,87	3,39	6,98
Chusan	3,26	3,03	—	—	—	—	—	—	11,03	8,67	4,95	2,93	—	—
Calcutta [2]	4,53	5,88	7,25	8,35	10,59	10,69	10,64	10,74	10,15	9,38	6,45	5,62	8,36	6,16
Delhi [4]	3,02	3,69	3,42	3,69	4,70	7,31	9,68	10,34	10,04	4,82	3,07	3,38	5,60	6,66
Benares [3]	4,64	4,69	4,94	5,37	6,91	10,69	11,69	11,66	10,66	8,99	6,19	4,42	7,57	7,27
Bombay	6,51	7,30	7,99	9,61	10,37	10,52	10,09	9,67	9,67	9,22	7,60	6,67	8,77	4,01
Mercara [3]	4,57	5,36	6,29	6,23	6,34	6,82	6,63	6,19	6,42	6,19	5,18	3,06	5,77	3,76
Seringapatam [1]	5,18	5,92	6,11	7,63	7,63	7,40	7,16	6,69	6,69	7,16	6,62	5,85	6,67	2,45
Nasirabad [4]	2,22	2,48	2,48	2,70	2,97	6,58	8,57	8,52	7,24	3,77	3,23	2,78	4,46	6,35
Punah [3]	4,72	3,85	3,91	5,66	7,08	8,61	8,76	8,41	7,98	6,90	5,46	3,63	6,25	4,91
Trevandrum [8]	8,15	8,32	9,04	9,71	9,71	9,45	9,17	9,02	9,02	9,27	9,07	8,54	9,04	1,56
Dodabetta [1]	3,42	3,75	3,78	4,37	4,83	4,32	4,39	4,44	4,32	4,44	4,05	3,37	4,12	1,46
Madras [9]	8,15	8,47	9,36	10,30	9,84	9,83	9,82	10,28	10,62	10,19	9,62	8,59	9,59	2,47
Buitenzorg 3½	7,95	7,91	7,84	7,82	7,64	7,36	7,07	7,30	7,25	7,58	7,74	7,68	7,59	0,88

Südliche Erdhälfte.

Souillac [3]	10,54	10,54	10,20	9,56	8,67	7,87	7,16	7,63	7,87	8,67	8,96	10,20	8,99	3,38
Port Louis [3]	9,35	9,65	9,74	9,83	8,10	7,34	6,37	6,74	6,81	9,74	8,21	9,24	8,43	3,46
Port Jackson [2]	8,67	8,58	7,44	6,55	5,33	4,34	4,19	4,40	5,75	7,33	7,31	7,83	6,48	4,48
Melbourne [2]	7,20	7,72	7,09	5,73	5,44	4,63	4,50	4,23	4,97	5,61	7,09	6,04	5,85	3,49
van Diemensland	4,67	5,03	4,67	3,73	3,71	3,30	3,18	3,83	3,85	4,64	5,07	5,00	4,21	1,89
Ascension [1]	8,54	8,30	—	8,07	7,78	7,40	7,04	6,31	6,87	6,94	—	—	—	—
St. Helena [5]	5,59	6,05	6,29	6,14	5,52	4,98	4,64	4,62	4,64	4,80	4,93	5,22	5,28	1,67
Port Famine	—	3,33	3,25	2,69	2,69	2,28	2,21	2,28	—	—	—	—	—	—
Chiloe	—	—	—	—	—	—	—	—	3,34	3,94	4,68	—	—	—

Taf. II. Atmosphärischer Druck. (300‴+)

Süd- und Mittel-Europa.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Palermo [20]	34,69	34,96	34,17	33,99	34,46	34,89	34,59	34,81	34,95	34,68	34,84	35,02	34,67
Neapel [14]	32,43	31,72	31,91	31,42	32,50	33,23	32,97	32,93	32,17	32,87	32,86	32,63	32,47
Rom [14]	35,18	35,78	34,92	35,28	36,06	36,39	36,58	36,52	37,02	36,01	36,03	34,83	35,88
Genua [10]	36,25	35,68	35,32	34,37	35,25	35,58	35,30	35,35	35,39	35,51	35,00	36,31	35,53
Padua [5]	38,13	36,50	36,43	36,20	37,72	37,67	37,86	37,65	38,10	37,96	37,26	36,51	37,46
Mailand [25]	33,12	32,91	32,53	31,89	32,47	32,71	32,77	33,02	33,06	33,37	33,12	33,59	32,88
Brescia [22]	31,98	31,76	31,06	30,60	31,27	31,26	31,17	31,42	31,52	31,49	31,56	32,10	31,44
Venedig [4]	36,51	37,20	35,56	35,82	35,53	35,46	35,96	36,17	35,78	36,02	36,04	36,60	36,27
Toulouse [8]	32,24	30,72	31,41	30,58	30,64	31,47	31,85	31,59	30,98	30,82	30,61	31,90	31,24
Paris [30]	35,61	35,13	35,05	34,53	34,64	35,27	35,23	35,14	35,03	35,02	34,64	35,56	35,05
Metz [22]	31,03	30,69	30,66	29,75	30,01	30,64	30,75	30,56	30,49	30,83	30,07	31,13	30,55
Brüssel [14]	35,38	34,56	34,72	34,91	35,09	35,29	35,25	35,13	34,85	34,59	34,05	35,88	34,98
Zwanenburg [92]	36,06	35,45	35,62	35,31	35,89	36,07	35,82	35,86	35,98	35,67	35,13	35,29	35,68
Amsterdam [25]	35,38	35,20	35,85	35,86	36,11	36,02	36,15	35,71	35,45	35,61	34,71	35,47	35,63
Leyden [19]	37,03	36,65	36,55	35,61	36,70	36,74	36,31	36,50	37,13	36,90	35,85	36,16	36,51
Franeker [13]	35,45	35,48	36,28	36,01	36,17	36,30	36,40	36,24	35,88	35,98	35,31	36,34	35,99
Harlem [41]	36,23	36,16	36,27	35,91	36,27	36,76	36,27	36,36	36,45	35,82	35,49	35,38	36,12
Arnheim [29]	35,03	35,11	35,48	34,79	34,93	35,50	34,90	35,27	35,25	34,63	34,45	34,19	35,26
Schiedam [23]	36,71	35,56	35,94	36,15	36,34	36,66	36,45	36,13	36,12	36,24	35,60	35,79	36,25
Utrecht [6]	35,66	36,01	35,53	34,73	34,41	37,03	35,17	34,93	36,10	36,19	35,53	36,01	35,61
Breda [8]	37,46	36,39	35,22	37,00	37,05	36,61	36,94	36,66	36,78	36,64	35,99	35,81	36,66
Mastrich [16]	36,47	36,18	35,40	34,85	35,55	35,88	35,87	35,60	35,68	35,66	35,48	35,45	35,68
Strasburg [15]	33,13	33,45	32,91	32,45	32,52	33,41	33,17	33,35	33,63	32,98	32,87	32,70	33,05
Karlsruhe	34,55	34,61	33,96	33,30	33,56	34,08	34,10	34,14	34,18	34,18	33,88	34,20	34,06
Basel [11]	28,02	27,79	27,29	26,73	27,08	27,77	27,87	27,50	27,64	28,30	27,67	28,24	27,66

Zürich [10]	20,91	20,24	20,57	19,93	20,05	21,12	21,32	21,31	21,07	20,94	20,19	21,63	20,77
Bern [11]	29,04	28,84	28,55	28,07	28,52	29,33	29,57	29,25	29,25	29,69	28,90	29,35	29,45
Genf [6]	22,26	20,99	22,02	21,25	21,34	22,25	22,55	22,48	22,26	21,58	21,86	22,92	21,98
Insbruck [50]	27,41	27,37	26,83	26,80	27,14	27,95	27,89	28,29	27,97	27,37	26,97	26,73	27,89
München [25]	17,66	18,21	17,28	17,04	17,63	18,05	17,87	18,43	18,32	18,08	17,49	17,48	17,79
Bogenhausen [12]	17,71	17,66	16,66	16,41	16,95	17,59	17,95	17,56	17,70	17,93	17,15	17,32	17,38
Regensburg [54]	29,27	24,18	23,69	23,35	23,78	24,14	24,24	24,44	24,60	24,43	24,03	23,64	24,07
Aschaffenburg [8]	32,98	32,43	32,33	31,94	32,04	32,57	32,81	32,32	32,63	33,12	32,47	34,33	32,66
VVürzburg	29,97	30,05	29,24	29,80	29,60	29,81	30,25	30,19	29,83	30,44	29,82	29,52	29,54
Stuttgard [20]	29,18	28,71	28,49	28,13	28,67	28,80	28,88	28,84	28,78	29,04	28,14	29,32	28,73
Prag [15]	30,18	30,23	29,03	28,68	29,55	29,29	29,36	29,50	29,95	30,09	29,84	29,68	29,61
Graetz [8]	23,63	23,24	23,42	22,73	22,78	23,50	23,74	23,84	23,97	23,83	23,52	24,78	23,58
St. Gallen [16]	10,73	11,52	11,26	10,49	11,16	11,82	12,43	12,08	12,18	13,05	11,98	11,78	11,71
Jena [10]	33,50	33,41	32,34	32,28	32,47	32,68	32,69	32,47	32,73	32,31	32,54	32,52	32,61
Marburg [11]	29,24	29,06	27,72	28,02	28,36	28,94	28,66	28,69	28,89	28,68	27,96	28,77	28,58
Hof [8]	19,22	18,59	18,35	18,24	18,87	19,32	19,48	19,16	19,06	19,36	18,16	19,27	18,92
Arnstadt [10]	26,98	26,97	26,30	25,98	26,52	26,78	27,06	26,89	27,17	27,42	26,56	26,47	26,76
Halle	34,53	34,00	33,19	32,90	33,61	33,67	33,92	33,44	33,99	34,93	33,92	34,29	33,87
Zittau [12]	28,27	27,97	27,24	26,70	27,60	27,73	27,82	27,62	27,94	28,87	27,78	28,31	27,82
Dresden [10]	33,87	33,47	32,68	31,92	32,95	32,91	32,92	32,72	33,07	34,07	33,27	33,56	33,12
Freiberg [9]	22,17	22,05	21,49	20,82	22,06	21,99	22,31	21,91	21,96	22,76	21,61	21,84	21,91
Berlin [16]	35,91	35,93	35,24	35,22	35,54	35,56	35,30	35,76	35,31	35,42	35,32	35,83	35,53
Bützow [7]	37,01	36,45	36,11	37,36	37,60	37,62	37,24	36,71	37,13	37,75	37,18	37,34	36,36
Stargard [6]	35,90	37,40	35,93	36,05	35,86	35,60	35,48	36,58	36,08	35,89	34,90	37,63	36,11

Höhere Punkte.

*St. Bernhard [16]	48,20	48,22	48,37	48,92	49,65	50,70	51,66	51,81	51,26	49,86	49,15	48,89	249,72
*St. Gotthard	60,14	59,27	58,80	61,68	62,39	62,63	63,88	63,81	62,70	62,08	60,49	59,52	261,56
St. Andex [8]	8,37	8,47	7,40	9,01	10,12	10,80	11,44	10,91	10,48	10,34	8,70	7,50	309,19

Die mit einem * bezeichneten Stationen haben die Barometerhöhe 200‴+

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Tegernsee [8]	8,65	7,80	7,46	8,66	9,30	11,23	11,37	10,60	11,22	9,90	9,54	7,50	309,42
* Brocken [18]	98,78	97,64	97,83	98,95	100,23	100,64	101,19	100,81	100,79	100,25	98,90	97,95	299,61
* Peissenberg [18]	99,26	98,34	98,42	99,29	99,79	100,33	101,53	100,87	100,88	100,06	98,98	99,00	99,37
England.													
London [20]	36,42	36,03	36,21	35,94	36,53	36,39	36,48	36,36	35,79	36,54	35,35	36,41	36,20
Chiswick [19]	37,15	36,56	36,93	37,02	37,28	37,37	37,20	37,34	36,69	36,91	35,87	37,58	36,99
Greenwich [5]	35,05	34,46	34,87	35,19	35,19	35,66	35,23	35,23	35,65	33,68	34,06	36,26	35,04
Manchester [47]	35,53	36,09	36,54	36,66	37,11	37,68	37,11	37,68	37,00	36,09	35,09	35,64	36,52
Krumpsal [8]	33,06	32,39	31,71	32,15	33,06	34,07	32,95	32,95	32,95	31,48	31,26	30,47	32,38
Bolton [10]	32,84	31,71	32,84	33,62	33,85	32,95	33,40	33,29	32,50	32,95	31,48	32,95	32,86
Makerstoun [3]	32,66	31,90	32,81	34,92	34,88	33,09	33,27	33,37	34,64	31,75	31,99	35,93	33,60
Norwegen.													
Christiania [7]	34,95	34,09	33,82	36,20	36,47	36,25	34,54	34,97	35,87	36,22	34,55	36,11	35,83
[4]	33,40	35,62	36,75	36,10	35,97	34,90	34,56	34,26	35,52	35,69	33,91	36,69	35,82
Bergen [4]	34,10	35,50	32,89	35,00	34,98	35,80	35,95	35,17	38,63	34,91	35,15	34,92	35,25
Uebergang des Seeklima in das continentale.													
Danzig [32]	37,55	37,20	36,84	36,79	37,25	36,96	36,57	36,74	37,41	37,35	36,79	36,87	37,03
Wilna [5]	33,02	33,41	32,71	33,11	33,26	33,63	33,06	33,10	34,28	33,91	33,26	32,66	33,20
Warschau [21]	32,87	32,79	31,99	31,95	32,08	31,98	31,92	32,18	32,86	32,96	32,53	33,22	32,44
Krakau [13]	30,08	29,84	28,66	28,64	28,94	29,12	29,00	28,89	29,57	29,92	28,68	29,84	29,36
Breslau [4]	32,32	31,60	31,66	31,24	31,47	31,71	31,87	32,25	32,19	31,70	31,85	33,17	31,92
Ofen [11]	28,98	28,48	28,31	27,71	27,77	28,46	28,36	28,87	29,00	28,09	28,63	29,72	28,53
Lemberg [20]	27,27	27,44	26,42	25,90	26,04	26,21	26,33	26,56	27,16	27,51	26,71	27,18	26,73
Wien [16]	31,13	30,62	30,20	29,62	29,65	29,99	30,17	30,17	30,40	30,84	30,24	31,26	30,36

Westliche Gränze des Continental-Klima.

														Unt.
Archangel [18]	34,89	35,13	34,44	35,33	35,51	34,79	34,38	34,23	35,51	34,69	34,36	34,34	34,80	1,28
Petersburg [13]	37,08	38,28	37,24	37,43	37,32	36,83	36,13	36,61	37,43	37,27	36,44	36,91	37,08	2,15
23	37,08	37,89	37,10	37,89	37,72	36,39	35,96	36,93	37,83	37,18	36,97	37,79	37,23	1,93
Helsingfors [11]	36,24	36,08	35,86	36,35	36,29	35,24	35,03	35,41	36,64	34,86	35,15	35,97	35,76	1,21
Moscau [9]	30,87	29,97	29,71	29,70	30,10	28,04	29,09	29,42	31,43	30,82	31,27	31,76	30,27	3,23
Kasan [13]	35,60	35,50	35,28	35,07	34,19	33,00	32,30	33,16	34,56	35,53	34,79	35,76	34,56	3,46
N. Novgorod [1]	29,55	30,66	33,54	35,13	32,47	31,18	34,02	29,55	33,25	33,34	30,85	29,81	31,95	?
Saratov [1]	37,03	36,91	36,55	37,61	33,22	32,74	35,48	34,02	34,78	36,95	37,30	35,35	35,66	4,56
Uralsk [2]	42,31	43,02	43,60	41,47	39,96	40,58	40,94	41,12	39,74	41,69	34,42	43,38	41,02	3,64
Guriew	42,40	39,21	38,99	32,96	—	—	—	—	—	41,78	40,27	40,90	—	
Orenburg [2]	34,97	34,66	34,44	34,96	32,93	30,71	32,01	33,69	33,51	35,35	35,23	33,78	—	4,52
3	38,19	38,72	34,90	36,10	32,65	30,88	29,68	29,47	32,11	33,89	35,04	34,69	32,36	8,70
Astrachan [1]	40,10	42,31	38,90	37,79	36,64	33,27	33,27	36,64	36,64	40,05	41,16	41,16	38,16	7,89
Lugan [5]	35,79	34,48	33,52	33,29	33,32	31,85	31,75	32,80	34,25	34,89	36,11	35,29	33,95	4,04
Nicolajef [11]	37,82	36,91	36,49	35,85	35,65	35,32	35,05	35,66	36,77	37,05	37,40	37,63	36,30	2,77
Taganrog [1]	38,87	37,58	37,77	36,20	36,61	35,46	35,80	36,50	37,20	39,51	39,51	40,61	37,64	5,16
Tiflis [2]	23,40	20,88	21,28	21,42	19,75	20,11	19,92	20,23	21,36	21,86	23,13	22,40	21,31	3,48
Lenkoran [1]	42,39	39,70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42,94	—	
Baku [1]	41,90	39,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42,51	—	
Derbent [1]	40,14	37,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41,30	—	
Schemacha [1]	12,72	10,32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,97	—	
Wladikawkas [1]	12,10	10,46	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13,62	—	
Kutais [1]	33,36	31,36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Redutkale [1]	38,38	37,40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39,38	—	
Beirut [1]	36,62	35,93	34,82	35,22	34,28	33,32	32,55	32,87	34,37	34,67	35,44	35,73	34,66	4,07
Cairo [1]	37,98	—	36,65	36,95	39,12	34,43	34,20	34,27	35,44	36,77	37,24	37,71	—	
*Gondar [1]	63,32	62,99	62,23	62,18	—	—	—	—	—	63,08	63,05	63,09	—	
Massaua [1]	39,07	38,13	37,45	37,15	—	—	—	—	36,36	37,53	38,32	38,58	—	
Socotra [1]	31,26	31,02	30,80	—	—	27,49	27,47	—	—	—	—	—	—	

Die Stationen von Leukoran bis Redutkale und die von Nischney Tagilsk nach altem Styl.

Asien.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr	Unt.
Baganida [1]	—	—	—	33,62	34,87	25,07	30,08	31,35	—	—	—	—	—	—
Bogoslowsk [8½]	27,81	27,71	27,39	26,99	26,90	25,33	26,00	26,93	27,35	27,78	27,53	28,01	27,14	2,68
Nischney Tagilsk [4]	31,62	31,29	29,06	29,71	28,25	27,99	27,77	29,09	29,17	30,97	36,08	30,84	29,74	3,85
Catherinenburg [10]	28,34	28,16	27,10	27,44	26,54	25,25	25,40	26,14	27,31	27,83	28,36	28,19	27,17	3,11
Slatust [10]	23,75	23,20	22,81	22,68	22,16	20,72	20,90	21,56	22,72	23,60	23,71	23,51	22,61	3,03
Barnaul [illegible]	36,63	35,61	34,54	33,37	31,77	29,85	29,27	29,77	31,96	34,54	34,81	35,82	33,16	7,36
Irkutzk [15]	25,01	24,34	23,27	21,76	20,21	19,16	18,39	19,20	21,22	22,87	23,64	23,88	21,91	6,72
Nertchinsk [6]	14,42	13,80	12,77	11,57	10,32	10,26	9,76	10,64	12,48	12,30	12,87	13,13	12,04	4,66
Jakutzk	36,60	37,30	34,95	33,51	31,84	30,65	30,83	31,42	34,53	34,07	35,85	38,46	34,17	7,81
Udskoi [1]	37,82	36,27	35,14	35,14	33,17	32,72	31,73	31,17	32,92	33,90	35,40	36,21	34,30	6,65
Peking [5]	41,53	40,76	38,59	36,62	35,25	33,25	33,17	34,05	36,87	38,47	40,01	41,23	37,48	8,36
Chusan [1]	42,42	42,58	—	—	—	—	—	—	38,09	39,77	39,94	41,66	—	—
Canton [10]	39,76	38,90	37,99	36,09	35,09	34,75	33,91	33,94	34,23	36,78	38,59	39,17	36,60	5,85
Macao [1]	40,41	40,01	39,60	37,76	37,63	35,71	35,98	35,98	37,89	38,40	39,64	40,74	38,31	5,03
Cawnpore	—	34,33	32,25	31,06	28,97	28,62	28,85	29,97	31,10	31,81	33,82	34,14	—	5,61
Mozufferpur [3]	34,29	33,61	32,32	31,40	29,74	29,17	28,84	29,40	30,25	32,13	34,13	34,22	31,63	5,45
Tirhoot	34,38	33,00	31,92	30,68	29,37	28,17	27,93	28,47	29,20	31,54	32,95	33,44	30,92	6,41
Benares [3]	34,87	33,76	33,00	31,29	30,26	28,54	28,33	29,51	30,69	32,63	33,83	34,90	31,80	6,57
Calcutta [8]	38,93	36,92	35,12	33,99	32,99	31,71	31,14	31,97	33,38	34,63	36,11	37,77	34,56	6,63
Ava [1]	35,55	34,27	33,55	32,67	31,80	31,22	30,99	31,56	31,85	32,87	34,22	35,24	32,98	4,56
Bombay [1]	37,49	37,13	36,56	35,95	34,84	34,48	33,91	34,57	35,32	36,38	36,82	37,30	35,90	3,58
Madras [22]	38,09	37,79	37,02	36,29	35,05	34,53	34,67	35,05	35,41	36,41	37,16	37,89	36,28	3,56
Trevandrum [8½]	34,85	34,64	34,27	33,88	33,63	33,85	34,17	34,15	34,38	34,49	34,50	34,75	34,30	1,22
*Simla	—	—	—	—	67,94	67,53	67,26	68,00	68,78	69,98	71,01	—	—	—
*Darjiling	62,18	62,12	61,80	61,46	60,58	60,00	60,85	—	—	—	—	62,71	—	—
*Kotgurh [1]	66,57	66,20	67,00	—	—	—	—	—	67,13	66,95	67,61	68,03	—	—

Khatmandu [1]	84,61	83,73	—	—	84,84	82,45	81,69	80,83	80,73	82,97	83,91	84,61	—	—
*Mussoore [1]	—	—	—	—	68,77	68,28	68,41	68,18	69,51	70,68	71,01	—	—	—
Seharumpur [2]	26,98	26,36	25,59	24,58	23,28	21,45	19,41	20,76	22,11	23,36	26,24	26,65	23,89	7,57
Nasirabad [4]	20,61	19,62	18,83	17,79	16,49	15,23	14,97	15,54	16,81	18,70	20,12	20,34	17,92	5,64
Punah [3]	16,25	15,29	14,73	14,23	12,56	12,45	12,87	13,49	14,35	14,69	15,76	16,03	14,39	3,60
*Hurrechundergur [1]	—	—	91,83	90,43	90,92	—	—	—	—	—	—	—	—	—
*Mahabuleshwur [1]	86,73	86,51	87,98	87,55	86,75	85,74	85,08	85,85	—	—	87,13	87,10	—	2,90
*Mercara	94,21	94,48	93,93	93,63	93,47	93,16	93,07	92,68	93,08	93,23	93,84	94,10	93,57	1,80
Seringapatam	11,01	10,45	9,56	8,65	8,34	8,11	8,29	8,30	8,52	9,31	9,55	9,69	9,15	2,90
Bangalore [1]	5,76	5,68	5,07	4,61	4,19	3,75	3,67	3,19	3,43	3,59	4,08	4,33	5,28	2,57
*Ootacamund [3]	61,13	60,91	60,37	59,79	58,96	58,33	57,84	58,07	58,63	59,53	59,87	61,00	59,54	3,29
*Dodabetta [1]	48,13	48,32	48,64	48,19	47,72	46,81	46,90	47,20	47,22	47,73	48,08	47,72	47,72	1,83
Nazera [3]	30,89	30,32	29,23	28,47	27,55	26,26	26,20	26,66	27,09	29,14	30,22	30,61	28,55	4,69

Südasien, Australien, Afrika und grofser Ocean.

Buitenzorg [3½]	26,36	26,26	25,59	25,56	25,44	25,91	26,16	26,33	26,45	26,45	25,82	26,20	26,04
Batavia [1]	34,93	34,92	34,84	34,49	34,74	35,19	35,05	35,13	35,17	35,33	35,05	34,75	34,97
Samarang [1]	37,26	37,53	37,47	37,59	37,83	37,94	38,26	38,29	38,25	38,25	37,90	36,77	38,30
St. Denis Bourbon [2]	35,34	35,26	35,17	36,05	36,46	37,67	48,20	38,06	37,59	37,20	36,66	35,86	36,63
Souillac [3]	34,98	35,55	36,73	36,89	37,40	37,83	38,16	38,56	37,26	37,02	35,07	35,89	36,78
Port Louis [3]	34,60	35,07	37,22	36,88	38,60	38,60	39,01	39,28	38,64	38,95	39,36	39,37	37,96
Port Jackson [2]	30,69	31,58	32,73	32,04	32,72	33,21	34,24	33,15	32,18	32,30	31,67	31,29	32,32
Melbourne [2]	36,54	36,90	37,60	37,81	38,17	37,03	35,62	37,29	35,37	35,33	35,91	36,58	36,70
Woolnorth [1]	36,74	37,66	38,66	39,48	39,77	37,45	36,81	38,73	38,09	37,30	37,27	37,63	37,97
Cap [4]	37,08	37,24	37,42	38,15	38,84	38,95	39,65	39,15	38,69	38,69	37,53	37,52	38,24
St. Helena [5]	17,95	17,81	17,80	17,99	18,39	18,99	19,32	19,20	18,79	18,36	18,11	18,08	18,40
Ascension [1]	34,19	34,22	34,33	34,05	34,22	36,14	36,63	36,29	35,67	35,65	—	—	—
Christiansborg [7½]	35,86	35,98	36,37	37,10	37,46	37,31	36,88	36,46	36,23	36,09	36,23	35,96	36,49
Capstadt [1]	35,14	35,05	35,14	35,12	35,56	35,96	39,11	36,60	36,25	35,72	35,19	—	—
Elmina [1]	35,88	35,90	36,52	36,47	36,12	36,60	37,79	37,37	37,18	36,15	—	—	—

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jahr
Funchal [3]	38,44	37,71	37,66	37,03	38,07	38,21	37,91	37,97	37,84	38,03	37,58	39,03	37,96
Honolulu	38,09	37,99	38,86	39,16	39,24	38,66	38,97	38,65	38,73	38,96	38,43	37,96	38,72
Südamerika und Westindien.													
Port Famine [1]	—	31,09	33,80	32,97	29,95	29,67	32,96	29,75	—	29,83	32,60	—	—
Falkland. Insel [1]	—	—	—	31,35	29,95	30,99	34,01	33,89	33,01	—	—	—	—
Chiloe [1]	—	—	—	—	—	—	36,96	—	38,47	37,55	37,76	—	—
Pernambuco [1]	—	—	—	—	—	—	—	39,82	39,52	38,70	38,26	38,26	—
* Rio Janeiro [1]	36,06	36,09	37,23	38,00	38,98	39,35	38,78	39,27	38,45	36,69	35,81	35,36	37,51
* St. Fé de Bogota [1]	48,46	48,47	48,53	48,76	48,59	48,81	48,85	48,75	48,68	48,57	48,46	48,32	48,60
Caracas [1]	2,38	3,30	2,86	2,63	2,53	3,13	3,49	3,47	3,56	3,43	3,40	3,33	3,13
* Guatemala [1]	88,93	88,85	88,12	87,54	87,29	87,59	87,88	88,02	87,61	87,79	88,09	88,35	88,01
Barbadoes [1]	34,44	32,87	32,42	34,10	35,14	35,46	35,55	35,41	35,47	35,17	32,98	35,76	34,56
St. Christoph [1]	38,83	38,93	39,06	38,82	—	—	—	—	—	—	37,42	38,10	—
Havannah	39,33	37,04	37,48	36,82	36,26	37,37	37,36	35,90	35,84	36,25	37,60	38,60	37,15
Nordamerika.													
Philadelphia [5]	37,34	36,74	37,13	36,93	36,50	36,56	36,82	37,14	37,46	37,21	37,12	37,30	37,02
Natchez [10]	35,31	34,78	34,67	34,01	33,54	33,37	33,80	33,56	33,76	34,66	35,11	35,71	34,36
New York [4]	39,63	39,00	39,27	38,45	38,15	37,45	38,29	38,58	39,24	39,32	38,86	38,84	38,76
New Bedford [5]	37,30	37,53	37,85	37,36	37,49	37,82	37,99	38,85	38,74	38,66	37,10	37,56	37,85
Hudson [7]	24,32	24,19	23,96	24,10	23,68	23,98	24,71	24,91	25,05	24,66	24,60	24,20	24,36
Rochester [7]	31,17	31,18	30,92	31,04	30,68	30,58	31,04	31,28	31,42	30,85	31,05	31,06	31,02
Cambridge [22]	37,70	37,66	37,78	37,58	37,52	37,57	37,77	38,02	38,51	38,34	37,54	37,01	37,75
Ancaster [6]	26,85	27,44	26,91	27,00	27,03	26,55	27,24	27,59	27,84	27,75	26,91	25,99	27,09

St. Johns [8]	33,89	33,13	35,40	33,82	34,95	35,55	35,20	35,80	35,98	36,23	34,02	33,87	34,82
Toronto [2]	33,12	32,36	33,81	33,10	32,89	32,88	33,70	34,46	33,65	33,72	33,19	33,56	33,37

Polarländer.

Reikiavig [14]	31,78	29,98	31,58	33,99	34,68	34,60	34,26	33,96	32,31	31,67	31,96	29,61	32,53
Eyafiord [2]	31,4	29,3	33,3	36,7	37,2	34,6	35,0	34,4	32,9	31,8	33,5	35,5	33,80
Grönländ. Meer	—	—	—	35,10	36,93	36,23	36,05	—	—	—	—	—	—
Kafiord [2]	31,89	35,14	32,79	33,81	33,84	34,26	32,21	33,83	34,87	36,42	34,03	34,29	33,95
Sitcha [10]	34,92	35,53	35,58	36,40	36,91	37,45	37,79	37,30	36,39	35,10	34,14	33,96	35,96
Peter Paulshafen [1]	31,13	32,68	34,41	36,89	35,59	34,76	34,23	34,57	34,51	33,35	33,27	34,63	34,17
Port Bowen [1]	34,59	36,50	38,99	38,54	38,36	36,52	35,72	34,21	34,28	37,36	36,64	36,31	36,50
Boothia felix [2]	35,79	37,50	37,36	37,71	39,37	38,04	36,55	36,18	35,82	37,30	37,17	36,87	37,14
Melville Insel [1]	38,66	35,19	35,56	37,54	39,01	35,79	34,05	34,70	34,95	35,65	37,17	36,27	36,21
Winterinsel [1]	35,46	33,20	34,27	34,81	35,90	34,60	32,56	32,16	34,75	34,69	37,59	35,08	34,59
Igloolik [1]	34,97	35,98	38,11	37,44	36,82	37,01	32,56	35,01	34,75	35,84	34,57	33,16	35,52

Taf. III. Druck der trocknen Luft. (300‴+)

Ost-Europa und Asien.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Osc.
Krakau	28,88	28,41	27,02	26,43	25,85	25,40	24,69	24,61	25,93	27,09	26,83	28,31	4,47
Warschau	31,37	31,82	30,33	29,43	28,67	27,29	26,74	26,95	28,82	29,65	30,57	31,22	5,08
Petersburg	35,87	37,12	35,89	35,59	34,65	33,09	31,48	31,87	33,83	34,85	34,62	35,55	5,64
Kasan	34,92	35,48	33,76	32,78	31,70	29,59	27,96	29,04	31,61	33,26	33,66	35,39	7,52
Lugan	34,58	33,12	31,83	30,87	29,77	26,97	26,44	28,25	30,92	32,12	34,07	33,81	8,14
Baganida	—	—	—	33,16	33,93	23,03	26,57	28,26	—	—	—	—	—

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Osc.
Bogoslowsk	27,21	27,07	26,43	25,47	24,44	21,51	21,21	23,10	24,62	26,00	25,47	27,47	6,26
Catherinenburg	27,59	27,37	26,07	25,98	24,48	20,44	20,86	22,23	24,63	25,97	27,22	27,48	7,15
Slatust	23,06	22,30	21,71	20,99	19,61	16,62	15,82	17,67	19,78	21,82	22,58	22,74	7,24
Barnaul	36,03	34,90	33,47	31,61	29,15	25,80	24,29	26,59	29,08	32,60	33,77	35,18	11,74
Tiflis	21,95	18,84	19,01	18,64	15,47	15,63	14,52	14,90	16,69	18,43	20,64	20,49	7,43
Nertchinsk	14,23	13,56	12,12	10,33	8,45	6,66	4,74	6,42	9,96	11,06	12,30	12,90	9,49
Jakutzk	—	—	—	—	30,24	27,34	26,73	28,78	31,96	33,14	—	—	—
Peking	40,66	39,61	37,01	34,24	31,57	27,82	25,32	26,51	31,88	35,68	38,49	40,36	15,34
Chusan	39,16	39,55	—	—	—	—	—	—	27,06	31,10	34,90	38,73	—
Calcutta	32,80	31,12	28,69	26,93	22,15	21,52	21,32	21,78	23,57	25,93	31,06	32,01	11,48
	34,40	31,04	27,87	25,64	22,40	21,02	20,50	21,23	23,23	25,25	29,66	32,15	13,90
Benares	30,19	29,20	28,11	26,08	23,35	17,92	16,35	17,94	20,16	23,56	27,73	30,36	14,01
Bombay	30,98	29,83	28,57	26,54	24,47	23,96	23,82	24,90	25,65	27,16	29,12	30,63	7,16
*Mercara	89,64	89,12	87,64	87,40	87,13	86,34	86,44	86,49	86,46	87,04	88,66	91,04	4,70
Seringapatam	5,83	4,83	3,45	1,02	0,71	0,71	1,13	1,61	1,83	2,15	2,93	3,84	5,12
Nasirabad	18,39	17,14	16,35	15,09	13,52	8,65	6,40	7,02	9,57	14,93	16,89	17,56	11,99
Punah	11,53	11,44	10,83	8,56	5,48	3,84	4,11	5,08	6,36	8,78	10,30	12,40	8,56
Trevandrum	26,70	26,32	25,23	24,17	23,92	24,40	25,00	25,13	25,36	25,22	25,43	26,21	2,78
*Dodabetta	44,71	44,57	44,86	43,82	42,89	42,49	42,51	42,76	42,90	43,29	44,03	44,33	2,22
Madras	29,94	29,32	27,66	25,99	25,21	24,70	24,85	24,77	24,79	26,22	27,54	29,30	5,24
Buitenzorg	18,40	18,35	17,75	17,74	17,80	18,55	19,09	19,03	19,20	18,87	18,08	18,52	1,46

Südliche Erdhälfte.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Osc.
Souillac	24,44	25,01	26,53	27,33	28,73	29,96	31,00	30,93	29,39	28,35	26,11	25,69	6,56
Port Louis	25,25	25,42	27,48	26,95	30,50	31,26	32,64	32,54	31,83	29,21	30,15	30,13	7,39
Port Jackson	22,02	23,00	25,29	25,49	27,39	28,87	30,05	28,75	26,43	24,97	24,36	23,46	8,03
Melbourne	29,34	29,18	30,51	32,08	32,73	32,40	31,12	33,06	30,40	29,72	28,82	30,54	4,24

Ascension	25,65	25,92	—	25,98	26,44	28,74	29,63	29,98	28,80	28,71	—	—	4,33
St. Helena	12,36	11,76	11,51	11,85	12,87	14,01	14,68	14,58	14,15	13,56	13,18	12,86	3,17
Port Famine	—	27,76	30,55	30,28	27,26	27,39	30,75	27,47	—	—	—	—	—
Chiloe	—	—	—	—	—	—	—	—	35,13	33,61	33,08	—	—

Mittleres Europa.

Neapel	35,42	34,70	34,54	33,57	33,43	33,24	32,32	32,38	33,37	33,90	34,73	35,39	3,10
Rom	32,45	32,95	31,79	31,98	31,46	30,65	30,36	30,84	31,33	31,40	32,39	31,98	2,30
Mailand	30,61	30,91	30,31	28,73	28,43	27,36	27,40	27,44	28,20	29,65	29,93	31,42	4,06
Stuttgard	27,64	27,05	26,60	26,11	25,61	24,88	24,77	24,57	25,59	26,25	25,94	27,66	3,09
Carlsruhe	32,77	32,65	31,76	30,80	30,04	29,49	29,32	29,05	29,80	30,76	31,34	32,19	3,72
*Peissenberg	97,56	96,74	96,62	96,91	97,02	96,54	97,55	97,03	97,26	97,26	96,70	97,16	—
Aschaffenburg	30,82	29,97	30,07	28,84	28,21	28,14	27,75	27,22	28,58	29,58	29,61	31,91	4,69
Bogenhausen	16,09	15,85	14,68	13,65	13,43	13,26	13,34	13,04	13,57	14,68	14,70	15,36	3,05
Graetz	21,80	21,08	20,66	19,27	18,19	17,90	17,46	17,56	19,17	19,51	21,22	23,01	5,55
VVien	26,69	29,03	28,34	27,05	26,23	25,67	25,63	25,62	26,54	27,96	28,11	29,57	4,07
Ofen	27,14	26,58	26,05	24,47	23,30	23,47	22,88	23,32	24,48	24,33	26,10	27,68	4,80
Prag	28,60	28,86	27,20	26,02	26,00	24,93	24,75	24,81	26,03	26,89	27,54	27,98	4,11
	22,44	23,95	22,80	22,39	20,90	20,43	20,22	20,92	20,29	21,18	21,16	23,45	3,77
Breslau	30,69	30,05	29,82	29,80	28,00	27,44	27,18	27,48	28,16	28,64	29,70	31,56	4,38
Jena	31,54	31,30	30,22	29,83	28,77	28,55	27,78	28,05	28,64	29,36	30,26	30,34	3,76
Halle	32,68	31,98	30,91	30,20	30,09	29,14	28,81	28,68	29,59	31,54	31,39	31,85	4,00
Berlin	34,00	34,11	33,13	32,43	31,95	31,15	30,39	30,89	31,09	31,99	32,60	33,64	3,72
Apenrade	35,23	34,27	33,76	33,01	32,16	31,00	30,41	30,47	31,33	31,73	32,37	32,48	4,82

Westliches Europa.

Utrecht	33,51	33,80	33,03	31,89	30,65	32,84	30,63	29,95	31,68	32,71	32,70	33,58	3,85
Breda	35,08	34,07	32,69	33,84	33,16	31,83	31,88	31,33	32,12	32,92	33,02	33,40	3,75

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Osc.
Brüssel	32,98	32,19	32,17	31,73	31,17	30,60	30,19	29,85	30,11	30,87	31,07	33,47	3,62
London	34,00	33,44	33,32	32,63	32,47	31,63	31,05	30,89	30,94	32,52	32,18	33,57	3,11
Chiswick	34,40	33,62	33,80	33,38	32,84	31,87	31,23	31,44	31,42	32,58	32,10	34,45	3,32
Greenwich	32,43	31,97	32,16	32,01	31,39	30,87	30,23	30,07	30,90	30,02	30,87	33,57	3,50
Bolton	30,33	29,11	29,88	30,26	29,98	28,24	28,21	28,43	28,00	29,05	28,14	29,89	2,33
Crumpsal	30,63	29,88	29,03	29,13	29,56	29,90	28,29	28,20	28,56	27,88	28,16	27,88	2,43
Makerstoun	30,24	29,69	30,41	31,74	29,79	29,10	27,77	28,10	29,84	27,88	28,94	33,67	4,40

Nord Amerika.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Osc.
Sitcha	33,30	33,87	33,89	34,29	34,38	34,15	33,96	33,44	33,17	32,44	31,94	31,85	—2,53
Toronto	31,63	30,97	32,17	31,01	30,18	28,39	28,71	28,99	29,12	31,11	31,17	31,45	3,24
Hudson	22,68	22,52	21,80	20,86	19,49	17,89	17,55	18,14	19,52	21,19	22,38	22,40	5,13
Philadelphia	35,39	34,79	34,61	33,63	32,18	30,42	29,94	30,13	31,92	33,70	34,66	35,35	5,45

IV. *Ueber die Hefe; von Dr.* Schubert *in Würzburg.*

(Schlufs von S. 219.)

Ueber das Ablagern des Weins.

Es ist eine bekannte Sache, dafs der Wein durchs Alter besser und stärker wird. Was die Stärke betrifft, so fällt dieselbe hauptsächlich mit dem Weingeistgehalte zusammen. Dafs die Vorzüglichkeit des Geschmackes nicht ausschliefslich in dem Aroma des Weines bestehe, darüber ist man einig, nicht aber darüber, welche anderen Bestandtheile noch aufserdem zur Güte des Weines wesentlich beitragen.

Ich lasse die Resultate der in dieser Absicht angestellten Weinuntersuchungen und dann die Schlüsse folgen, wozu mich diese, so wie die Beobachtungen Anderer zu berechtigen schienen.

Die verwendeten Weine sind sämmtlich aus der Umgegend von Würzburg und wurden im Juli 1848 mit dem Fuchs'schen Hallymeter auf Weingeist- und Extractgehalt in Gewichtprocenten und mit Otto's Acetimeter auf die freie Säure untersucht, welche dann als Weinsäure berechnet wurde, mit gleichzeitiger Bestimmung des specifischen Gewichtes. Wo ich den Werth des Weines erfahren konnte, ist auch dieser beigesetzt. Von einer Seite her wurde mir zwar dieser nicht mitgetheilt, aber doch wenigstens eine Eintheilung in 6 Klassen angegeben. Sämmtliche Weine sind aus anerkannt ächten Quellen.

I.

No.	Bezeichnung der Weine. Markung.	Lage.	Jahrgang.	Traubensorte.	Werth des Eimers in Gulden oder Klasse der Qualität.	Specifisches Gewicht.	Alkohol.	Freie Säure, als wasserfreie Weinsäure.	Gesammtgehalt an Extract.
1	Würzburg.	Leiste.	1847	Riesling.	V.	0,9938	8,581	0,815	2,778
2	-	-	1846	-	I.	1,0083	9,136	0,562	7,223
3	-	-	-	Gemischt.	II.	0,9879	9,934	0,815	2,639
4	-	-	1845	-	IV.	0,9947	8,358	0,650	3,056
5	-	-	1844	Riesling.	IV.	0,9954	7,954	1,138	3,750
6	-	-	1842	Gemischt.	II.	0,9925	8,652	0,815	3,056
7	-	-	1835	Traminer.	III.	0,9762	7,178	0,895	3,612
8	-	-	1834	Riesling.	II.	0,9910	8,581	0,815	3,889
9	-	-	1822	Gemischt.	I.	0,9954	9,631	0,907	4,167
10	-	-	1818	-	II.	0,9937	8,783	1,059	2,778
11	-	-	1811	-		0,9946	8,934	0,907	3,195
12	-	-	1775	-		0,9925	10,389	0,907	4,445
13	-	-	1748	-		0,9950	9,136	1,056	3,334
14	-	- aus einem andern Keller.	-	-		0,9912	10,237	1,056	3,889
15	-	Stein.	1847	-	16	0,9937	8,237	1,138	3,195
16	-	-	1846	Riesling.	II.	0,9907	9,934	0,650	3,056
17	-	-	-	Gemischt.	II.	0,9900	10,530	0,650	2,917
18	-	- gemischt mit Pfülben (vergl. No.41—45) v. demselben Jahre.	1845	-	14	0,9925	7,834	0,815	2,723
19	-	Stein.	1844	-	V.	0,9925	8,358	0,815	2,639
20	-	-	1842	Riesling.	II.	0,9927	9,207	0,650	2,917

21	-	-	1841	Gemischt.	36	0,9925	8,684	0,895	2,778
22	-	-	1822	-	70	0,9910	9,187	1,354	3,518
23	-	-	1818	-	II.	0,9933	9,338	0,854	3,056
24	-	- seit 20 Jahren in versiegelten Flaschen aufbewahrt.	1811	-	30	0,9929	8,036	0,907	3,334
25	-	Stein.	1783	-		0,9946	8,086	1,015	3,473
26	-	-	1766	-		0,9921	10,732	0,691	3,889
27	-	-	1728	-		0,9971	8,308	1,138	3,334
28	-	Schalksberg.	1847	-	V.	0,9933	8,288	0,907	2,778
29	-	-	1847	Clävner, weifs gekeltert.	IV.	0,9950	8,358	0,907	4,167
30	-	Ständerbühl.	1843	Traminer.	VI.	0,9954	8,389	0,907	2,917
31	-	Grossen.	1822	Gemischt.		0,9916	9,197	0,895	3,334
32	-	Harfe.	1783	-		0,9933	10,439	1,246	4,028
33	Gerbrunn bei Würzburg.	?	1845	-	2½	0,9991	8,136	0,453	1,112
34	Randersacker bei Würzburg.	Spielberg.	1847	-	6	0,9958	7,279	0,907	3,612
35	-	- (bessere Lage).	-	-	7	0,9958	7,894	0,907	3,612
36	-	Spielberg.	1846	Riesling.	II.	0,9912	10,136	0,731	2,723
37	-	-	-	Gemischt.	25	0,9912	7,582	0,731	3,750
38	-	Lämmerberg.	1847	Traminer.	V.	0,9916	8,439	0,907	3,056
39	-	-	-	Gemischt.	4½	0,9929	6,397	1,056	2,639
40	-	-	1841	-	III.	0,9980	9,783	0,815	2,723
41	-	Pfülben.	1847	Riesling.	V.	0,9950	8,783	1,000	2,639
42	-	-	1846	-	II.	0,9900	9,934	0,815	2,723
43	-	-	-	Traminer.	II.	0,0883	10,035	0,650	3,473
44	-	-	1822	Gemischt.	I.	0,9921	9,682	0,815	4,167

No.	Bezeichnung der Weine. Markung.	Lage.	Jahrgang.	Traubensorte.	Werth des Eimers in Gulden oder Klasse der Qualität.	Specifisches Gewicht.	Alkohol.	Freie Säure, als wasserfreie Weinsäure.	Gesammtgehalt an Extract.
45	Randersacker bei Würzburg.	Pfülben.	1818	Gemischt.	III.	0,9921	8,439	0,895	3,021
46	-	Marschberg.	1847	-	5	0,9981	6,243	1,138	2,723
47	-	Hoher Bug.	1842	-	18	0,9891	9,550	0,650	2,778
48	Rödelsee bei Marktsteft.	Rothweg und Kärnersberg.	1847	-	6	0,9966	7,430	0,771	2,730
49	-	Kärnersberg.	1846	-	30	0,9904	9,884	0,815	2,223
50	-	-	1842	-	28	0,9920	9,136	0,691	2,723
51	-	-	1841	-	27	0,9943	8,439	0,895	2,778
52	-	Rothweg u. Hopfentanz.	1839	-	24	0,9942	8,288	0,815	3,056
53	-	Rothweg.	1834	-	50	0,9895	9,884	0,895	2,880
54	Volkach.	?	1846	-	III.	0,9928	8,530	0,731	2,223
55	Sommerach bei Volkach.	?	1847	-	5	0,9946	6,345	0,895	2,723
56	-	?	1846	-	III.	0,9925	8,692	0,771	2,723
57	Escherndorf bei Volkach.	?	1847	-	12	1,0833	7,531	1,138	5,278
58	Astheim b. Volkach.	?	-	-	6	0,9966	7,582	0,815	3,334
59	Nordheim bei Volkach.	?	-	-	5½	1,0000	7,803	0,907	2,778
60	Fahr bei Volkach.	?	-	-	5	0,9933	7,258	0,907	3,056
61	Gamburg a. Tauber bei Wertheim.	?	-	-	4	0,9980	5,315	1,020	1,945

62	Marbach a. Tauber bei Gerlachsheim.	?	1847	Gemischt.	9	0,9962	7,429	0,907	1,945
63	Lengfurt a. Main bei Wertheim.	Kalmuth.	1846	-	III.	0,9925	9,692	0,848	3,334
64	Hörstein b. Aschaffenburg.	?	-	Riesling.	I.	1,0158	8,440	0,907	9,445
65	-	?	1819	-	III.	0,9946	8,500	0,943	3,612
66	Hammelburg.	Saaleck.	1846	-	III.	0,9917	9,055	0,815	3,218
67	-	-	-	Gemischt.	III.	0,9933	9,086	0,791	3,112

Obgleich man in neuerer Zeit die Weine möglichst zuckerhaltig zu erhalten strebt, indem man kleine Gährgefäfse anwendet, weil da der Zucker nicht vollständig zersetzt wird [1]), so war doch die Prüfung mehrerer dieser Weine, welche mir einen süfslichen Geschmack zu haben schienen, auf Zucker ohne Erfolg. Ich fand nur nachweisbare Mengen von Zucker, wo der Geschmack deutlich süfs war, nämlich in No. 2. 5,582 und in No. 64. 8,251 Proc. Zucker, daher auch der starke Gesammtgehalt an Extract und das grofse specifische Gewicht dieser beiden Weine. No. 57. hatte einen schwach süfsen Geschmack und enthielt 1,024 Zucker, welcher sich in wenigen Tagen bei 16° R. von selbst im Weine verlor.

No. 43. zeigte einen sehr milden Geschmack, welchen ich gleichfalls einem kleinen Zuckergehalte zuschrieb, und fand auch wirklich etwas Zucker darin, 0,6682 Proc. Ich löste eben so viel eingetrockneten Schleimzucker [2]) in demselben Verhältnisse Wasser auf, die Auflösung zeigte aber keinen bemerkbar süfsen Geschmack. Die scheinbare Süfse des Weins konnte also um so weniger von dem

1) Wahrscheinlich liegt aber der Hauptvortheil in der vollkommenen Erhaltung des Bouquets und Alkohols vermöge der niedrigeren Temperatur.

2) Denn von Traubenzucker kann die Süfse nicht herrühren, weil selbst gesättigte Auflösungen desselben sehr schwach süfs schmecken.

geringen Zuckergehalte herrühren, als er hier im Wein noch von anderweitigen Substanzen verdeckt wird. In andern scheinbar süfslichen Weinen konnte ich gar keinen Zucker finden.

Der Zucker wurde nach Art der hallymetrischen Probe bestimmt. 1000 Gran Wein wurden mit eben so viel Wasser und etwas Hefe in einem Fläschchen, welches zuvor nebst seinem Inhalte genau abgewogen war, der Gährung überlassen. Das Fläschchen wurde durch eine unter Wasser ausmündende Gasentwicklungsröhre vor Luftzutritt geschützt, um die Essigbildung zu verhüten. Nach vollendeter Gährung ward die Flüssigkeit mit einer gewogenen Menge Kochsalz gesättigt und das Ganze mit einer Glasplatte bedeckt, in Wasser von 30° R. bis zum Erkalten stehen gelassen. Aus dem Gewichtverluste an Kohlensäure wurde der Zucker berechnet.

Fresenius fand, dafs vier von ihm untersuchte Rheinweine von 1846 sämmtlich Zucker enthielten [1]). Meine Untersuchung zeigt, dafs wir wenigstens in Franken von dem ausgezeichneten Weinjahre 1846 allein, und auch da nur ausnahmsweise, Weine haben, welche noch im zweiten Jahre, also nach Verlauf des ersten Sommers, wo noch viel Zucker in Weingeist übergeht, einen bemerkbaren Zuckergehalt besitzen. Fresenius dagegen untersuchte seine Weine schon *vor* dem ersten Sommer, nämlich im März. Von dem geringen Jahrgang 1847 zeigte nur die einer ausgezeichneten Lage angehörige No. 57. etwas weniges Zucker. Uebrigens sind nach Angabe von Sachverständigen auch in jenem Jahre ganz vorzügliche Weine an einzelnen Lagen gewachsen, denen gerade die damaligen Witterungsverhältnisse weniger nachtheilig waren. Endlich möchte auch in dieser letzteren Sorte der Zuckergehalt von nicht gar langer Dauer seyn, denn er verlor sich bei 10° R. ohne allen Zusatz von Hefe und Wasser in wenigen Tagen von selbst.

Früher hat man angenommen, die *Güte* des Weines stehe mit seinem Weingeistgehalt in geradem Verhältnifs. Die

1) Ann. der Chem. u. Pharm. Bd. 63. S. 384.

Bestätigung solcher Annahmen mufs der Vergleichung des Alkoholgehaltes mit dem Handelswerthe des Weins entnommen werden.

Fischern hat eine grofse Anzahl von Weinen, besonders Rheinweine, auf Alkohol- und Extractgehalt untersucht [1]) und bei mehreren auch den Werth beigesetzt. Ich lasse hier einen Auszug der letztern folgen mit durchgängiger Berechnung des Werthes für den Eimer in Gulden:

II.

Werth des Eimers in Gulden.	Alkohol.	Extract.
18—20	9,000	2,225
20—22	9,157	2,475
20—22	9,231	2,375
23	9,165	2,150
27—30	7,530	2,975
30	9,356	2,200
32	9,150	2,575
30—35	10,402	2,875
35	10,060	2,950
35—40	10,755	2,475
37—40	10,653	3,275
45	9,514	2,700
45—48	11,092	3,525
45—50	10,750	2,750
55	11,905	3,075
75	10,718	5,700
75	11,398	3,110
80	10,181	7,025
112	10,720	2,675
112	12,206	2,575
125	10,937	9,829.

Aus meinen Untersuchungen S. 30 und 31 ergiebt sich:

III.

No.	Werth des Eimers in Gulden.	Alkohol.	Säure.	Extract.
33	2½	8,136	0,453	1,112
61	4	5,315	1,020	1,945
39	4½	6,397	1,056	2,639

1) Encycl. Zeitschr. d. Gewerbewesens. Prag 1847. S. 716, u. 1848. S. 154.

No.	Werth des Eimers in Gulden.	Alkohol.	Säure.	Extract.
46	5	6,243	1,138	2,723
55	5	6,345	0,895	2,723
60	5	7,258	0,907	3,056
59	5½	7,803	0,907	2,778
34	6	7,279	0,907	3,612
48	6	7,430	0,771	2,730
58	6	7,582	0,815	3,334
35	7	7,894	0,907	3,612
62	9	7,429	0,907	1,945
57	12	7,531	1,138	5,278
18	14	7,834	0,815	2,723
15	16	8,237	1,138	3,195
47	18	9,550	0,650	2,778
52	24	8,288	0,815	3,056
37	25	7,582	0,731	3,750
51	27	8,439	0,895	2,778
50	28	9,136	0,691	2,723
49	30	9,884	0,815	2,223
24	30	8,036	0,907	3,334
21	36	8,684	0,895	2,778
53	50	9,884	0,895	2,880
22	70	9,187	1,354	3,518

Die blofs mit Klassennummern bezeichneten Weine geben für jede ganze Klasse folgende Durchschnittzahlen des Gehaltes:

IV.

Klasse.	Alkohol.	Säure.	Extract.
I.	9,222	0,798	6,250
II.	9,551	0,773	3,111
III.	8,773	0,831	3,064
IV.	8,225	0,898	3,657
V.	8,489	0,888	2,778
VI.	8,389	0,907	2,917

Aus dieser Vergleichung des Werthes mit dem Alkoholgehalt geht hervor, dafs beide in der That so ziemlich in geradem Verhältnisse stehen.

Da indessen auch manche Abweichungen vorkommen, so glaubt Lüdersdorff, dafs der Werth genauer im umgekehrten Verhältnisse mit dem Säuregehalt stehe, und sucht

diefs in nachstehender Zusammenstellung zu zeigen, worin nebst dem Alkoholgehalt die Menge der Ammoniakflüssigkeit in Lothen angegeben ist, welche die freie Säure von 55 Loth Wein zur Sättigung erforderte. Der Preis der Flasche ist zur leichteren Uebersicht bei allen Sorten in französischen Centimen ausgedrückt:

V.

Weinsorte.	Alkohol.	Erforderl. Ammoniak.	Preis.
Markobrunner	5,14	5,56	750
Tokayer	6,63	5,84	560
Oppenheimer Kreuz	5,41	4,66	375
Leiste	3,94	5,99	
Haut Sauterne	5,36	5,09	371
Ungsberger	3,71	4,70	370
Forster Riesling	4,93	5,04	310
Niersteiner	4,84	5,52	
Neuberger	3,70	5,20	
Haut Bommes	5,24	5,09	
Brauneberger	4,31	5,54	245
Haut Cerons	4,66	7,40	215
Medoc Bourgogne	4,08	5,55	185
Pisporter	3,70	5,81	180
Rödelseeer	4,67	6,56	180
Zeltinger	4,01	6,01	155
Grüneberger	3,56	8,42	95
Naumburger	3,50	8,65	95

Tab. IV. zeigt die Säure nahezu in umgekehrtem Verhältnisse mit dem Werthe, dagegen läfst Tab. III. keinen Zusammenhang des Werthes mit dem Säuregehalt erkennen, indem viele der besten Weine, und zwar junge wie alte, mehr Säure haben als manche ganz geringe.

Fresenius hält aufserdem den *Zuckergehalt* für einen Regulator des Werthes, allein die Zahl der Untersuchungen, aus denen dieser Schlufs gezogen wurde, ist zu gering, um allgemeine Geltung zu erhalten, während aus meiner Untersuchung der Zuckergehalt sich nicht als wesentlich herausstellt.

Liebig sieht gleichfalls nicht den Alkohol, sondern die Menge des *Extractes* als entscheidend an für die Qualität

des Weins, indem er nachstehende Resultate von Geiger's Untersuchungen aufführt. Die Weine sind nach dem Werthe geordnet. 100 Gewichttheile Wein vom Jahre 1832 enthielten an absolutem Alkohol und liefsen beim Abdampfen an trocknem Rückstand:

Weinsorte.	Specifisches Gewicht.	Alkohol.	Extract.
Wiesbach, Riesling	0,9945	9,83	2,18
Neroberg / Wiesbaden } Riesling	0,9950	10,83	2,78
Eisler, Kleinberger u. Riesling	nicht bestimmt.	11,9	nicht bestimmt.
Scharlachberg / Bingen }	-	12,1	-
Worms, Liebfrauenmilch	0,9930	10,62	2,27
Weinheim, Hubberg, Riesling	0,9925	11,7	2,18
Dienheim, Riesling	0,9925	9,84	2,18
Geisenheim	0,9935	12,6	3,05
Markobrunner	0,9985	11,6	5,10
Rüdesheim, Riesling, Orleans	1,0025	12,65	5,39
Steinberg, Riesling	1,0025	10,87	9,94

Tab. III. bestätigt diese Annahme, jedoch nur annähernd. Ganz geringe Weine besitzen danach immer einen geringen Extractgehalt; doch können auch extractarme Weine werthvoll seyn, wenn sie sich entweder durch bedeutenden Weingeistgehalt auszeichnen, wie No. 49., oder durch vorzügliches Bouquet, wie No. 62.

Ueberhaupt giebt das Bouquet oder eigenthümliche Aroma für den Werth unserer Weine fast immer den Hauptausschlag. Ist dieses von angenehmer Feinheit, so kann ein sonst gehaltloser oder ein säurereicher Wein dadurch bedeutend an Werth gewinnen, wie No. 62. Tab. I. Doch sind im Allgemeinen die werthvollen Weine aufserdem auch reich an Alkohol und häufig auch an Extract. Die Säure dient dem Weine nicht zur Empfehlung, wird aber, wie es scheint, auch in gröfserer Menge nicht als Fehler angesehen, wenn sie durch einen beträchtlichen Alkoholgehalt verdeckt ist.

Wenn Liebig das Extract für den Bestandtheil hält, welcher die Säure verhüllt, ihr die Schärfe im Geschmack

nimmt und dem Wein die markige, ölige Beschaffenheit giebt, so ist dagegen einzuwenden, daſs der Geschmack der Extractsubstanzen wenig hervorragt, und es ist schwer einzusehen, wie eine geschmacklose Substanz den penetranten Geschmack einer Säure merklich unterdrücken könne, sie müſste denn als Verdünnungsmittel wirken. Sonst gehört dazu, daſs die einhüllende Substanz selbst einen starken Geschmack besitzt, wie der Zucker und Alkohol, und da ersterer unsern Weinen in der Regel fehlt, so wüſste man nicht, welcher andere Bestandtheil die Säure verdecken sollte, als der Alkohol.

Man sieht aus allem dem, daſs die chemische Untersuchung bis jetzt in der That mehr für die Ausmittlung von Verfälschungen, wie Branntwein- und Zuckerzusatz, Abstumpfung der Säure u. dgl., competent sey, als für die Bestimmung seines Handelswerthes.

Auch rücksichtlich des specifischen Gewichtes drängen sich einige Bemerkungen auf. Da dieses im Allgemeinen mit dem Alkoholgehalt in umgekehrtem Verhältnisse steht, so bedient man sich seit Langem der Weinwaage zur annähernden Werthbestimmung. Obgleich man in neuerer Zeit die Unzulänglichkeit derselben nachzuweisen gesucht hat, scheint sie doch immer noch vielen Practikern zu genügen.

Dieſs kommt daher, weil der Extractgehalt gewöhnlich mit dem des Alkohols zu- und abnimmt und bei seiner geringen Menge überhaupt so wenig Einfluſs auf das specifische Gewicht hat, daſs dieses in der Regel vom Alkoholgehalt bestimmt wird. Wenn dieſs aber auch die Regel ist, so hat dieselbe doch auch keine seltenen und bisweilen sehr starke Ausnahmen, wo die Mostwaage gewaltig irre führen müſste, wie das specifische Gewicht von No. 2, 57 und 64 Tab. I. zeigt. Kann auch der süſse Geschmack dieser Weine einen Irrthum verhüten, so braucht nicht immer der Zuckergehalt diese Störung zu bedingen, wie No. 3, 9, 43 und 53 zeigen. No. 59 hat das specifische Gewicht des Wassers und dabei doch keinen ganz geringen Alkoholgehalt und keinen Zucker.

Dazu kommen noch andere Umstände, welche auf das specifische Gewicht Einflufs haben. So kann es durch Hefentheile erhöht werden, wenn der Wein trüb ist, wie bei No. 29, oder es wird durch Kohlensäure vermindert, wenn der Wein in starker Nachgährung begriffen ist, was immer geschehen mufs, wenn junge Weine längere Zeit in der Wärme stehen. So enthielten No. 16 0,2, No. 17 0,2, No. 29 0,2, No. 41 0,1, No. 59 0,2, No. 60 0,2 und No. 66 0,4 Proc. Kohlensäure, was gewifs nicht ohne Einflufs auf das specifische Gewicht bleiben konnte, obgleich der Wein zuvor stark und anhaltend geschüttelt wurde.

Man nimmt an, dafs das Stärker- oder Geistigerwerden des Weins durch das Lagern nicht ausschliefslich auf der Nachgährung beruhe, sondern auch auf der Eigenschaft des Holzes, das Wasser stärker anzuziehen, als den Alkohol, vermöge deren das Wasser die Wände der Fässer allmälig durchdringt und an der Oberfläche verdunstet, während der Alkohol im Weine zurückbleibt. Man will nämlich gefunden haben, dafs der Wein in mit Thierblasen verschlossenen Gefäfsen in eben so viel Monaten dieselbe Stärke erhält, als er hierzu im Fasse Jahre gebraucht. Nach Prout hatte ein Rheinwein von 5,843 Gewichtprocenten Alkohol nach vierjähriger Aufbewahrung unter Blase bis 6,088 Procent zugenommen.

Ich habe diese Behauptung und Erklärung betreffs des Stärkerwerdens des Weins mit den Jahren so oft gelesen, dafs ich mir keinen Zweifel mehr darüber beikommen liefs, zumal die Wirkung des Daubholzes der Fässer nach Analogie der Thierblase durchaus nicht unwahrscheinlich ist. Ich wünschte aber zu wissen, wie viel und wie lange der Wein an Weingeistgehalt zunehme. Um jedoch darüber etwas Genaueres zu erfahren, müfste ein und derselbe Wein eine lange Reihe von Jahren wiederholt untersucht werden, denn bei der Anwendung von Weinen aus verschiedenen Jahrgängen vereitelt die stets wechselnde Qualität der letzteren jede Aussicht auf ein richtiges Resultat. Alte Weine sind eben so oft weit schwächer als stärker wie ganz junge.

Da aber noch keine solche Untersuchungen vorgenommen worden sind und künftig um so weniger vorgenommen werden möchten, als man keine Weine mehr alt werden läfst, so habe ich mir möglichst viele Jahrgänge von derselben Sorte und darunter möglichst alte zu verschaffen gesucht, um wenigstens etwas Annäherndes darüber auszumitteln.

Vergleicht man auf Tab. I. No. 1 bis 14, No. 15 bis 27, No. 41 bis 45 u. s. w., so ist man durchaus nicht im Stande, auch nur annähernd ein fortschreitendes Steigen des Alkoholgehaltes nachzuweisen. Aber so viel mufs man zugestehen: Weine, welche gegen hundert Jahre und darüber im Fasse liegen, wie No. 12, 13, 14, 25, 26, 27, 32, die jedenfalls schon ursprünglich ausgezeichnete Sorten waren, weil man sie so lange aufgehoben hat, solche Weine müfsten doch nach Verlauf so vieler Jahre unstreitig einen weit gröfseren Alkoholgehalt zeigen, als diefs hier der Fall ist, wenn in der verdunsteten Flüssigkeit auch nur ein Minimum Wasser mehr gewesen wäre, als im Zurückgebliebenen.

Es ist eine bekannte Sache, dafs der Weingeist durch das Liegen im Fasse fortwährend an Alkoholgehalt verliert, und zwar so rasch, dafs sich der Verlust in vier Wochen schon auf einige Grade belaufen kann, besonders wenn das Fafs nicht spundvoll ist, und letzteres ist fast nie der Fall, weil er, auch bei gutem Verschlufs, beträchtlich zehrt oder verdunstet, natürlich um so mehr, je wärmer, trockner und luftiger der Keller ist.

Das Holz verhält sich also umgekehrt wie die Thierblase. Während diese das Wasser anzieht und den Weingeist zurückläfst, zieht das Holz den Weingeist stärker an als das Wasser. Eine mit Alkohol gefüllte Rindblase fühlt sich ganz trocken an, wird also nicht oder wenig davon benetzt, während der Weingeist das Eichenholz viel leichter benetzt als Wasser und rasch in dasselbe eindringt, und zwar um so schneller, je stärker er ist.

Die Erfahrung hat gelehrt, dafs bei der Entwässerung des Weingeistes in der Thierblase nicht *reines* Wasser, sondern mit diesem stets auch eine nicht unbedeutende Menge

von Alkohol verdunstet. Diese Verdunstung des Alkohols nimmt mit der Stärke des Weingeistes zu, und wenn er einen Gehalt von 95 Gewichtprocenten Alkohol erreicht hat, dann verdunstet der Weingeist unverändert durch die Blase.

Da also die Blase den Weingeist bei einer gewissen Stärke nicht mehr entwässert oder verstärkt, sondern unverändert durch sich verdunsten läfst, so ist es auch sehr wahrscheinlich, dafs das Holz den Weingeist bei einer gewissen Schwäche nicht weiter entgeistet oder schwächt, sondern unverändert anzieht und durch sich verdunsten läfst. Daraus würde sich dann erklären, warum der Wein als ein sehr wäfsriger Weingeist von 12 bis 4 Gewichtsprocenten Alkoholgehalt unverändert durch das Holz entweicht, also *im Fasse durch das Alter weder stärker noch schwächer wird.*

Hierzu kommt noch ein anderer schon oben berührter Umstand, dafs sich nämlich der Weingeist besonders dann schwächt, wenn das Fafs nicht voll ist. Das tritt beim Wein nicht so leicht ein wie beim Weingeist, weil letzterer weit weniger flüchtig ist und zudem die Fässer gewöhnlich sehr sorgfältig spundvoll erhalten werden. Es scheint also die Scheidung des Weingeistes in Alkohol und Wasser viel leichter zu erfolgen, wenn der Weingeist dunstförmig, als wenn er tropfbar flüssig ist.

Mag nun die gegebene Erklärung richtig seyn oder nicht: genug, die Erfahrung lehrt, wie Tab. I. zeigt, dafs der Wein nach Beendigung der Nachgährung nicht mehr an Alkohol zunimmt, und doch ist der alte Wein stärker und erhitzt weit mehr als jüngerer.

Die wirkliche Verstärkung des Weines beschränkt sich nach dem Vorausgehenden so ziemlich auf die Zeit, wo noch starke Nachgährung stattfindet. Diese mag sich aber wenig über das erste Jahr hinaus erstrecken [1]). Wenn aber der Wein noch in späteren Jahren feuriger wird, so kann der Grund davon nicht wohl anders gesucht werden, als in der Zunahme des Oenanthäthers, weil dieser nicht blofs bei seiner allmäligen Entstehung zunimmt, sondern auch

1) Vgl. Walz, Jahrb. für pract. Pharm. Bd. 13. S. 77 — 140.

durch die Verdunstung des Weins, da er selbst sehr wenig flüchtig ist. Etwas Aehnliches finden wir bei den destillirten Wässern, welche ätherische Oele enthalten. Die Pharmaceuten heben dieselben nicht in fest verstopften Flaschen auf, sondern blofs in mit Papier verbundenen Krügen, weil sie wissen, dafs der Geruch so an Stärke gewinnt. Ein anderer Grund, warum sehr alte Weine gewöhnlich stärker sind, als junge, mag aber auch darin liegen, weil man nur die besten oder stärksten Weine so lange aufhob und aufheben konnte.

Es ist bekannt, wie sehr ein fuselölhaltiger Branntwein den fuselfreien an betäubender Kraft übertrifft, und so mufs auch das Fuselöl des Weins, der Oenanthäther, einen grofsen Antheil an dessen berauschender Kraft haben, wie schon der starke, betäubende Geruch des isolirten Oenanthäthers schliefsen läfst, mag auch sonst eine Berauschung durch Wein von dem Branntweinrausche in ihrer Art beträchtlich abweichen. Schon die Säure des Weins müfste einer betäubenden Wirkung des Oenanthäthers entgegentreten.

Eben so wenig als eine Zunahme ergiebt sich aber auch eine Abnahme des Alkohols in späteren Jahren aus der Tab. I., und dieselbe liefs sich auch nicht anders denken, als durch Essigbildung oder irgend einen ungewöhnlichen Zersetzungsprocefs, welche sich aber durch eine sorgsame Pflege auf unbestimmte Zeit verschieben zu lassen scheinen.

Die Verbesserung des Weins durch das Alter scheint sich nach dem Vorausgeschickten auf folgende Momente zu gründen:

1) Zunahme des Alkoholgehaltes durch die Nachgährung;

2) Entwicklung des Weingeruches durch die Bildung des Oenanthäthers und Concentration desselben durch Verdunstung von Alkohol und Wasser;

3) Verminderung der Säure mittelst Ausscheidung des Weinsteins durch Verdunstung der Flüssigkeit;

4) Abscheidung der Hefe.

Durch die Nachgährung und lange Ruhe scheidet sich Hefe aus und lagert sich ab; der Wein gewinnt dadurch

an Klarheit und Milde, indem er jenen bitteren Hefengeschmack verliert, welche den neu gegohrnen Wein charakterisirt.

Aber nicht blofs die schon ausgeschiedenen, nur im Weine suspendirten Hefentheile sollen sich absetzen, sondern es befindet sich auch noch viel stickstoffhaltige Substanz in wirklicher Auflösung. Diese mufs sich erst durch Sauerstoffaufnahme aus der Luft in Hefe verwandeln, bevor sie sich ausscheidet. Der Wein darf deshalb nicht zu früh auf Flaschen gezogen werden, wenn er sich ausbauen (ausbilden) soll. Er wird sonst in den Flaschen zäh und schleimig. Die stickstoffhaltigen Substanzen können nur im Fasse zur Ausscheidung gelangen, einestheils weil sie hier durch die Holzporen mit der Luft in Berührung bleiben, anderntheils nimmt hier der Wein fortwährend Gerbstoff aus dem Holze auf, welcher mit den stickstoffhaltigen Substanzen unauflösliche Verbindungen bildet. Ueber den Hülsen gegohrener Wein wird daher weit früher trinkbar als ohne Hülsen vergohrener, weil in ersterem die Gerbsäure mit dem Eiweifsstoff eine Verbindung bildet, die sich rascher abscheidet, als die Hefe, welche allmälig aus dem Eiweifs durch Aufnahme von Sauerstoff aus der Luft entsteht.

5) Ungeachtet der Zunahme des Alkoholgehaltes durch die Nachgährung berauscht der ältere Wein weniger als ganz junger, auch wenn letzterer fast keine Kohlensäure mehr enthält. Der Grund liegt ohne Zweifel darin, dafs sich der Alkohol mit der Zeit inniger mit dem Wasser des Weins verbindet. Alkohol und Wasser verbindet sich nicht eher vollständig, als bis sie einige Zeit in Berührung waren. Daher haben Branntwein und Wasser, gleich nach ihrer Vermischung in den Magen gebracht, fast die nämliche Wirkung als dieselbe Menge Branntwein für sich, und nach Brande ist eine einige Zeit gestandene Mischung von Branntwein und Wasser nicht berauschender als ein eben so viel Alkohol enthaltender Wein. Die häufigsten Fälle von Säuferwahnsinn sind nach dem Mifsbrauch von jungem Wein und jungem Branntwein beobachtet worden, während sie

von diesen Getränken weit seltener entstehen, wenn sie abgelegen sind.

In Portugal versetzt man die zur Ausfuhr bestimmten Weine mit $\frac{1}{12}$ Branntwein, aber sie müssen dann noch drei Jahre liegen bleiben, bis sie zur Versendung tauglich sind, weil sich dann erst der Branntweingeschmack verloren hat. Die Veredler des Weins wissen recht gut, dafs man dem Weine erst Zeit zur „Annahme“ des Branntweins lassen mufs, bevor man ihn verkauft.

Eine solche innigere Vereinigung oder vielmehr eine wirkliche chemische Verbindung scheint auch mit den übrigen im neu gebildeten Weine blofs *gemengten* Bestandtheilen stattzufinden, wodurch sich die Verfeinerung des Geschmackes erklärt. Leuchs fand sogar, dafs sich in einem bei der Gährung mit Kochsalz versetzten süfsen Wein der unangenehme Salzgeschmack nach einiger Zeit in einen ganz angenehmen süfssalzigen umwandelte. Also gehen selbst zugesetzte Salze allmälig chemische Verbindungen mit den Bestandtheilen des Weines ein.

Die Apotheker können die frisch aus aromatischen Substanzen destillirten Wässer nicht sogleich zum Gebrauche abgeben, weil sie einen unangenehmen Geruch besitzen, welcher dem der angewendeten Substanz kaum mehr ähnlich ist; aber derselbe verbessert sich nach und nach durch die Aufbewahrung im Keller.

Uebrigens läfst sich die Veredlung des Geschmackes zum grofsen Theil schon aus der innigeren Vereinigung von Wasser und Alkohol erklären, denn der Branntwein, und zwar der *fuselfreie,* der also nichts als Wasser und Alkohol enthält, gewinnt auf dem Lager so sehr an Lieblichkeit des Geschmackes, dafs es sich lohnt, den Verlust zum Opfer zu bringen, welcher dem Verkäufer durch Verdunstung erwächst.

Mit dem zunehmenden Alter nimmt der Geruch des Weines eine gewisse Eigenthümlichkeit an, die *Firne* (Firnifs, Spaniol), welche man früher an alten Weinen so sehr geschätzt hat.

Dieses eigenthümliche Aroma scheint das Product der Einwirkung der Weinsäure auf das Extract des Weins zu seyn. Je gröfser der Säuregehalt, um so stärker entwickelt sich derselbe. Man findet ihn daher im Johannisbeerwein, namentlich in dem der schwarzen Beeren, schon in den ersten Jahren sehr ausgebildet.

Ich liefs Traubenwein auf $\frac{1}{3}$ seines ursprünglichen Volums an der Luft verdunsten, so dafs er fast gar keinen Alkohol mehr, dagegen einen Säuregehalt von 3,4 Proc. besafs, und hob ihn nachher fünf Jahre [1]) lang in einer verkorkten Flasche auf. Nach Verlauf dieser Zeit hatte er einen Firnegeruch angenommen, wie ihn ein hundertjähriger Wein noch bei weitem nicht besitzt.

Der Alkohol scheint also keinen Antheil an der Bildung dieses Aroms zu nehmen; es entstehen ganz ähnliche Riechstoffe beim Einkochen des Mostes, bei schwachem Rösten gedörrter Pflaumen und durch Einwirkung von Säuren und Alkalien auf die verschiedenartigsten geruchlosen Pflanzenstoffe.

V. *Ueber die wahre Zusammensetzung des Chlorits; von C. Rammelsberg.*

Zu den verbreitetsten Mineralien aus der Klasse der Silicate gehört ohne Zweifel der Chlorit; zugleich aber auch zu denen, deren Zusammensetzung bisher noch nicht mit voller Sicherheit festzustellen war, obwohl es nicht an guten Analysen fehlt. Denn abgesehen von den älteren Untersuchern haben sich in neuerer Zeit v. Kobell, Brüel, Varrentrapp, Hermann und Marignac mit der Analyse des Chlorits beschäftigt. Wenn die von denselben erhaltenen Resultate zu keiner übereinstimmenden Formel ge-

1) Ob hierzu wirklich so lange Zeit nöthig war, weifs ich nicht, denn der Versuch war in einer andern Absicht angestellt.

führt haben, so mufs man diefs hauptsächlich dem Umstande zuschreiben, dafs über die Oxydationsstufe des Eisens keine Versuche vorlagen, und ein willkührlich angenommener Gehalt an Oxydul oder Oxyd die Zusammensetzung wesentlich ändern mufste.

Wenn ich nun im Folgenden meine zur Aufklärung dieses Punktes angestellten Versuche mittheile, so wird es doch nöthig seyn, zuvor die bisherigen Arbeiten über den Chlorit im Zusammenhange zu vergleichen.

Nachdem v. Kobell schon früher [1]) den Chlorit von Achmatowsk und vom Greiner im Zillerthal untersucht hatte, lieferte er eine neue Analyse beider, so wie zugleich der Varietäten vom Schwarzenstein im Zillerthal und von der Rauris im Pinzgau [2]). Er nahm in dem Chlorit von Achmatowsk das Eisen als Oxydul, in dem vom Schwarzenstein einen Theil aber als Oxyd, und in Folge dessen das Sauerstoffverhältnifs für Talkerde (Eisenoxydul), Thonerde (Eisenoxyd), Kieselsäure und Wasser = 5 : 3 : 6 : 4. In beiden Varietäten sind mehr als 30 Proc. Säure, aber nur 3—5 Proc. Eisen enthalten.

Dagegen ergaben die Chlorite vom Greiner und der Rauris nur 26—27 Proc. Säure gegen 12—21 Proc. Eisen. In diesen beiden setzte v. Kobell kein Eisen*oxyd* voraus, berechnete obiges Sauerstoffverhältnifs hier zu 4 : 3 : $4\frac{1}{2}$: 3, und brachte demgemäfs folgende Formeln in Vorschlag:

Chlorit von Achmatowsk und Schwarzenstein $= (\dot{R}\,\dddot{Si} + \dddot{R}\,\dddot{Si}) + 4\,Mg\,\dot{H}$

Chlorit vom Greiner u. der Rauris $= (3\,\dot{R}^2\,\dddot{Si} + 2\,Mg\,\dddot{Al}) + 6\,\dot{H}$,

ohne sie jedoch als die unbedingt richtigen anzusehen, indem er nur das als feststehend betrachtet, dafs es Chlorite von zweifach verschiedener Mischung giebt. Er hat für die Chlorite von Achmatowsk und Schwarzenstein, wegen der fächerartigen Zeichnung ihrer Blätter, den Namen *Ripidolith* angenommen, den beiden anderen aber den Namen Chlo-

1) Siehe Kastner's Archiv Bd. 12. S. 42.

2) Journ. f. pract. Chem. Bd. 16. S. 470.

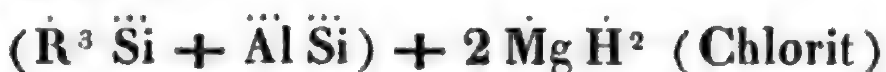
rit gelassen. Die Krystallform ist, soweit man diefs zu bestimmen vermag, bei beiden dieselbe. Manche andere Charaktere, wie z. B. der Grad ihrer Schmelzbarkeit, sind in Folge des veränderten Verhältnisses ihrer Bestandtheile verschieden.

Fast gleichzeitig erschienen die Arbeiten von Brüel und Varrentrapp [1]). Der Erstere untersuchte eine Varietät aus dem Zillerthale, die, nach der Uebereinstimmung mit v. Kobell's Analyse zu urtheilen, wohl die von Letzterem benutzte vom Schwarzenstein gewesen ist; Varrentrapp aber wiederholte die Analyse des Chlorits von Achmatowsk, und fügte die eines mit Albit und braunem Titanit vorkommenden krystallisirten Chlorits vom St. Gotthardt hinzu.

Hierdurch erhielt der von v. Kobell bemerkte Unterschied eine Bestätigung; denn während die Chlorite von Achmatowsk und vom Schwarzenstein im Zillerthal nach beiden Chemikern übereinstimmen, kommt der Chlorit vom St. Gotthardt mit dem von der Rauris fast ganz überein, und steht auch dem vom Greiner im Zillerthal nahe.

Nach G. Rose's Vorschlag wurde die Benennung v. Kobell's umgekehrt, und die Varietäten vom St. Gotthardt, der Rauris und vom Greiner *Ripidolith* genannt, weil namentlich bei der ersteren die fächerförmige Gruppirung sehr ausgezeichnet vorhanden ist.

Brüel und Varrentrapp, welche das Eisen in ihren Analysen gleichfalls durchgängig als Oxydul in Rechnung gebracht haben, finden in den eigentlichen Chloriten (von Achmatowsk, Schwarzenstein) dasselbe Sauerstoffverhältnifs wie v. Kobell, nämlich 5 : 3 : 6 : 4, und Varrentrapp hat nur die Formel etwas modificirt, in sofern er beide Silicate auf gleicher Sättigungsstufe, als Drittelsilicate, annimmt, so dafs sein Ausdruck



$$(\dot{R}^3 \dddot{Si} + \ddot{Al} \dddot{Si}) + 2 \dot{Mg} \dot{H}^2 \text{ (Chlorit)}$$

ist.

Während nun aber in den Abänderungen vom Greiner

1) Pogg. Ann. Bd. 48, S. 185.

und der Rauris nach v. Kobell jenes Verhältnifs $= 8 : 6 : 9 : 6 = \frac{4}{3} : 1 : \frac{3}{2} : 1$ ist, findet Varrentrapp in der vom St. Gotthardt dasselbe $= 2 : 1 : 2 : 1$, und entwirft danach die Formel



$$(\dot{R}^3 \dddot{Si} + \dddot{Al} \dddot{Si}) + 3 Mg \dot{H} \text{ (Ripidolith).}$$

Die Beziehung, in der beide Abtheilungen des Chlorits zu einander stehen, wäre danach sehr einfach; der Ripidolith enthielte nämlich, bei gleicher Menge Thonerde und Kieselsäure, 1 At. $\dot{R}$ mehr und 1 At. Wasser weniger als der Chlorit.

Später wurde ein Chlorit von Mauléon in den Pyrenäen von Delesse, und von Hermann eine krystallisirte silberweifse Abänderung von Slatoust untersucht. Beide sind dadurch wichtig, dafs sie sehr wenig Eisen enthalten, dafür aber mehr Talkerde, so dafs man deutlich sieht, das Eisen mufs, wenigstens grofsentheils, als Oxydul vorhanden seyn. Berechnet man die Analysen, zunächst unter der Voraussetzung, sämmtliches Eisen sey als Oxydul vorhanden, so sind die Sauerstoffproportionen folgende:

	a. Chlorit von Mauléon.		*b.* Chlorit von Slatoust.	
Kieselsäure		16,7		16,00
Thonerde		8,6		8,06
Eisenoxydul	0,2	14,4	0,27	14,91
Talkerde	14,2		14,64	
Wasser		10,7		10,93

Oder in *a.* $= 1{,}94 : 1 : 1{,}67 : 1{,}24$

b. $= 1{,}98 : 1 : 1{,}85 : 1{,}36$.

Beide Verhältnisse führen so nahe auf das von $6 : 3 : 5 : 4$, besonders wenn noch etwas Eisen von den Basen $\dot{R}$ fortgenommen und als Oxyd der Thonerde hinzugerechnet wird, dafs man diese Proportion, welche schon v. Kobell und Varrentrapp angenommen haben, wohl als die richtige betrachten darf. Danach würde der Chlorit $= 5\dot{R} + \dddot{R} + 2\dddot{Si} + 4\dot{H}$ seyn, und seine Formel die von Varrentrapp angenommene, welche ich mit Rücksicht auf das Hydrat



$$[(\dot{R}^3 \dddot{Si} + \ddot{\ddot{Al}} \dddot{Si}) + 2 \dot{H}] + 2 \dot{Mg} \dot{H}$$

schreiben würde, da der Chlorit durch Glühen das Wasser sehr langsam verliert, während das Talkerdehydrat sein Wasser bekanntlich sehr leicht abgiebt.

Sehen wir nun, wie unter der Annahme, daſs der Sauerstoff der Basen $\dot{R}$ und $\ddot{\ddot{R}}$ = 5 : 3, das Verhältniſs von Eisenoxyd und Oxydul in den früheren Analysen sich gestalten würde.

Chlorit von Achmatowsk:

v. Kobell:	Eisenoxydul 3,85 =	Eisenoxyd	1,73
		Eisenoxydul	2,29
Varrentrapp:	- 4,374 =	Eisenoxyd	1,433
		Eisenoxydul	3,085

Chlorit vom Schwarzenstein:

Brüel:	Eisenoxydul 5,974 =	Eisenoxyd	1,900
		Eisenoxydul	4,264

Es muſs hier erwähnt werden, daſs auch Marignac zwei Chlorite untersucht hat, nämlich einen aus dem Alathale und einen von Slatoust, der aber wahrscheinlich von Achmatowsk herstammt. Sie sind wie die letztere Varietät und die vom Schwarzenstein zusammengesetzt; aber Marignac will in ihnen nur Eisenoxyd, kein Oxydul gefunden haben, was indessen den directen Versuchen, die weiterhin mitgetheilt werden sollen, widerspricht.

Um in einem durch Säuren nicht leicht zersetzbaren Silicate die relativen Mengen beider Oxyde des Eisens zu bestimmen, hat Forchhammer schon vor längerer Zeit vorgeschlagen, die Zersetzung durch Kochen mit Fluorwasserstoff-, Chlorwasserstoffsäure und Schwefelsäure in einer Platinretorte zu bewirken. Allein ich habe bemerkt, daſs bei Anwendung von reinen Eisenoxydulverbindungen die zur Trockne gebrachte Masse immer Eisenoxyd enthält, so daſs diese Methode nicht empfehlenswerth erscheint.

Hermann wendet neuerlich Boraxglas zu gleichem Zwecke an, und obwohl auch in diesem Fall scharfe Resultate nicht zu erlangen sind, so habe ich es doch viel-

fach benutzt, da eine öftere Wiederholung diesen Weg noch als den besten erkennen liefs. Geschmolzenes Phosphorsalz hat keinen Vorzug vor dem Borax.

Der möglichst zerkleinerte Chlorit wurde mit etwa der dreifachen Menge grob gepulverten Boraxglases in einem Platintiegel gemengt, eine Schicht von jenem darüber geschüttet, und das Ganze bedeckt in eine Platinretorte gebracht, deren Theile mit Gips lutirt und mit einem in Wasser tauchenden Glasrohr verbunden waren. Hierauf wurde die Retorte mittelst Plattner's Gebläsevorrichtung über der Lampe ¼ bis ½ Stunde im Glühen erhalten. Das grüne Glas wurde gepulvert, in einem Kolben bei Luftausschlufs mit verdünnter Chlorwasserstoffsäure aufgelöst, und die Menge des Eisenoxyds durch Kochen mit Kupferblechstreifen bestimmt.

I. *Chlorit vom Schwarzenstein im Zillerthal.* Einige vorläufige Versuche bestätigten seine Identität mit dem von v. Kobell und Brüel untersuchten. Ich mufs hierbei auf die Schwierigkeit aufmerksam machen, mit welcher ein Theil des Wassers beim Glühen entweicht. Ueber der Lampe betrug der Verlust nach starkem Glühen 8,97 Proc., mittelst des Gebläses aber 12,3 Proc. Dieser Umstand verdient bei Aufstellung einer Formel berücksichtigt zu werden. An Kieselsäure wurden 31,1 Proc. erhalten.

Auf die zuvor beschriebene Art untersucht, gab dieser Chlorit 3,36 Proc. Eisenoxyd. Corrigirt man danach Brüel's Analyse, so erhält man:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	31,466		16,34
Thonerde	16,666	7,78	8,79
Eisenoxyd	3,360	1,01	
Eisenoxydul	2,950	0,65	13,45
Manganoxydul	0,011	0,00	
Talkerde	32,564 [1]	12,80	
Wasser	12,425		11,04
	99,442		

1) Das Atomgewicht der Talkerde ist nach Svanberg = 254,5, ihr Sauerstoffgehalt = 39,3 Proc. genommen.

Das Sauerstoffverhältnifs ist hier $= 6 : 3{,}2 : 4{,}9 : 4{,}0$, also offenbar $= 6 : 3 : 5 : 4$, so dafs bei dem überhaupt nicht grofsen Eisengehalt das frühere Resultat hierdurch keine Veränderung erleidet. Dafs mehr Oxyd gefunden wurde, als die Rechnung fordert (2 Proc.), liegt in der Natur des Versuches.

II. *Chlorit von Achmatowsk.* Es ist derselbe, den Varrentrapp untersucht hat. Der Gehalt an Eisen wird, in Form von Oxydul, von ihm $= 4{,}374$, von v. Kobell $= 3{,}85$ (früher 5,1) Proc. angegeben.

Zwei Versuche, auf die vorerwähnte Art den Gehalt an Eisenoxyd durch Kochen mit Kupferblechstreifen zu bestimmen, gaben ein offenbar unrichtiges Resultat. In einem dritten Versuche wurde deshalb das Oxydul durch Goldchlorid bestimmt und 4,55 Proc. erhalten. Hieraus folgt, dafs dieser Chlorit nur sehr wenig oder vielleicht gar kein Eisenoxyd enthält. Führt man jene Zahl in die Analysen der beiden genannten Chemiker ein, so erhält man:

	A. v. Kobell.			*B.* Varrentrapp.		
			Sauerstoff.			Sauerstoff.
Kieselsäure	31,14		16,18	30,376		15,78
Thonerde	17,14		8,00	16,966		7,92
Eisenoxydul	4,55	1,01		4,550	1,01	
Manganoxydul	0,53	0,12	14,72	—	—	14,43
Talkerde	34,40	13,59		33,972	13,42	
Wasser	12,12		10,84	12,632		11,23
	99,88			98,496		

Das Sauerstoffverhältnifs ist mithin für

$$A = 6 : 3 : 5{,}46 : 4{,}0$$
$$B = 6 : 3 : 5{,}5 \; : 4{,}3$$

oder $= 6 : 3 : 5 : 4$, wie bei dem Chlorit vom Schwarzenstein, so dafs als die Formel dieser Chlorite wohl mit Sicherheit der Ausdruck



$$\left[\left((\dot{Mg}, \dot{Fe})^3 \ddot{Si} + \ddot{Al}\,\ddot{Si}\right) + 2\dot{H}\right] + 2\dot{Mg}\dot{H}$$

angenommen werden darf. Nach dieser Formel würde, wie oben gezeigt worden, das Eisenoxydul in jenen beiden Analysen 2,29 und 3,085 Proc. betragen.

III. *Ripidolith vom St. Gotthardt*, gleichfalls von demselben Material, welches Varrentrapp zu seiner Analyse gedient hat.

Auch hier gaben die Versuche, acht an der Zahl, kein übereinstimmendes Resultat, wie folgende Uebersicht zeigt.

a) Bestimmung des Eisenoxyds

aa) mittelst Kupfer:	5,87	Proc.	(1)
	6,36	-	(2)
	9,78	-	(3)
	12,6	-	(4)
	13,24	-	(5)
bb) nach Ebelmen: [1])	9,80	-	(6)
cc) mit Schwefelwasserstoffwasser:	17,33	-	(7)
b) Bestimmung des Oxyduls durch Goldchlorid	16,89	-	(8)

welche, bezogen auf den von Varrentrapp gefundenen Eisengehalt, 13,22 Proc. Oxyd voraussetzen würde, was mit den Versuchen 4 und 5 gut übereinstimmt.

Berechnet man hiernach Varrentrapp's Analyse, so erhält man folgende Werthe:

			Sauerstoff.
Kieselsäure	25,367		13,18
Thonerde	18,496	7,64	11,6
Eisenoxyd	13,220	3,96	
Eisenoxydul	16,890	3,75	10,46
Talkerde	17,086	6,71	
Wasser	8,958		7,96
	100,017		

Das Sauerstoffverhältnifs ist hier = 12 : 10,6 : 9,5 : 7,3. Wenn der Wassergehalt, wie die übrigen Ripidolithe zu zeigen scheinen, etwas zu niedrig bestimmt ist, so dürfte man wohl das Verhältnifs 12 : 9 : 9 : 9 als das nächstliegende annehmen, wonach der Ripidolith $4\dddot{Si} + 3\dddot{R} + 9\dot{R} + 9\dot{H}$ ist, und sich die Formeln



$$(3\dot{R}^3\dddot{Si} + \dddot{R}^3\dddot{Si}) + 9\dot{H}$$

oder

1) Reduction mittelst schwefliger Säure und Fällung durch ein Barytsalz.



$$[(\dot{R}^3 \dddot{Si} + 3 \dddot{R} \dddot{Si}) + 3 \dot{H}] + 6 Mg \dot{H}$$

construiren lassen, welche letztere der des Chlorits analog seyn würde.

Berechnet man hiernach den Ripidolith vom St. Gotthardt, in welchem 1 At. Eisenoxyd gegen 2 At. Thonerde, und 1 At. Eisenoxydul gegen 2 At. Talkerde vorhanden sind, so erhält man:

Kieselsäure	27,21
Thonerde	15,14
Eisenoxyd	11,80
Eisenoxydul	15,93
Talkerde	17,99
Wasser	11,93
	100.

Was nun die übrigen Ripidolithe betrifft, so ist in ihnen allerdings die relative Menge beider Oxyde des Eisens noch zu bestimmen. Geht man davon aus, daſs auch bei ihnen der Sauerstoff von $\dot{R}$ und $\dddot{R}$ gleich sey, so sind die Verhältnisse dieses Elements folgende:

Sauerstoff von	a. Vom Greiner. v. Kobell.		b. V. der Rauris. v. Kobell.		c. V. St. Christophe. Marignac.		d. V. Mont des Sept-Lacs. Marignac.	
Kieselsäure		14,19		13,54		13,96		14,10
Thonerde	9,66	11,8	8,62	10,57	8,18	10,55	8,96	10,88
Eisenoxyd	2,14		1,95		2,37		1,92	
Eisenoxydul	1,95	11,83	4,66	10,57	5,03	10,47	4,22	10,81
Talkerde	9,88		5,91		5,44		6,59	
Wasser		10,67		9,29		10,07		10,22

oder in:

$$a = 12 : 10 : 10 : 9$$
$$b = 12 : 9,3 : 9,3 : 8,3$$
$$c = 12 : 9,0 : 9,0 : 8,7$$
$$d = 12 : 9,2 : 9,2 : 8,7$$

was sehr zu Gunsten des bei dem Ripidolith vom St. Gotthardt angenommenen einfachen Verhältnisses 12 : 9 : 9 : 9 = 4 : 3 : 3 : 3 spricht.

Vergleicht man nun die Zusammensetzung des Chlorits und Ripidoliths, zweier gleich krystallisirten und überhaupt höchst ähnlichen Körper, so stellt sich zunächst die Unmöglichkeit heraus, ohne sonstige Hypothese ihnen eine und dieselbe zu vindiciren, da in dem letzteren schon die Thonerde für sich mehr denn halb so viel Sauerstoff als die Kieselsäure enthält. Nach dem im Vorigen Dargelegten würde



$$\text{Chlorit (2 At.)} = 10\dot{R} + 2\dddot{R} + 4\dddot{Si} + 8\dot{H}$$



$$\text{Ripidolith} = 9\dot{R} + 3\dddot{R} + 4\dddot{Si} + 9\dot{H}$$

seyn. Bei dieser Vergleichung drängt sich die Frage auf: Sollte der Chlorit nicht $+ 9\dot{R} + 2\dddot{R} + 4\dddot{Si} + 9\dot{H}$ seyn, und der Unterschied vom Ripidolith nur in 1 At. $\dddot{R}$ liegen? Sein Sauerstoffverhältniſs müſste dann 12 : 6 : 9 : 9 = 6 : 3 : $4\frac{1}{2}$: $4\frac{1}{2}$, anstatt 6 : 3 : 5 : 4 seyn, und die Formeln wären dann die viel wahrscheinlicheren:



$$\text{Chlorit} = (3\dot{R}^3\dddot{Si} + \dddot{R}^2\dddot{Si}) + 9\dot{H}$$



$$\text{Ripidolith} = (3\dot{R}^3\dddot{Si} + \dddot{R}^3\dddot{Si}) + 9\dot{H}$$

Eine solche Annahme wird, wie wir glauben, auch nicht einmal durch die eisenärmsten Varietäten (von Mauléon, Slatoust) zurückgewiesen, und schlieſst die Gegenwart des höchst unwahrscheinlichen Gliedes $\dot{Mg}\dot{H}$ in den Formeln aus.

Wenn nun auch die empirische Zusammensetzung beider Substanzen als festgestellt betrachtet wird, so widerstreitet es doch dem natürlichen Gefühl schon, bei durchaus gleich krystallisirenden und sonst nicht unterscheidbaren Mineralien, wie es die in Rede stehenden sind, einen wesentlichen Unterschied in der chemischen Zusammensezzung, wie 1 At. Thonerde ihn hervorbringt, annehmen zu müssen. Es sey deshalb erlaubt, hier auf eine andere mögliche Constitution aufmerksam zu machen, welche diese Schwierigkeit entfernt und beiden Mineralien dieselbe höchst einfache Grundformel zutheilt.

Bekanntlich hat man mehrfache Gründe, die in den Spinellen u. s. w. elektronegativ auftretende Thonerde auch in Silicaten in gleicher Function anzunehmen, und ihre

Isomorphie mit der Kieselsäure vorauszusetzen. Ist es eigentlich auch nur eine Homöomorphie, welche die in demselben System stehenden Formen des Quarzes und Korunds (so wie des mit der Thonerde isomorphen Eisenoxyds als Eisenglanz) zeigen, so stehen doch ihre Atomvolume in dem Verhältnifs von $1 : 1\frac{1}{7}$ ($\dddot{Fe} = 1{,}2$). Es ist denkbar, dafs ihre gegenseitige Vertretung entweder in dem Verhältnifs gleicher Atome oder in einem anderen einfachen Verhältnifs stattfindet, wie das letztere nach von Bonsdorff's Vorgange bei der Hornblende angenommen werden mufs, wo $3\ddot{Al} = 2\dddot{Si}$ sind.

Bei dem Chlorit scheint das Erstere, bei dem Ripidolith das Letztere wirklich einzutreten. Alsdann sind beide



$$= 9\dot{R} + 6\,(\dddot{Si},\ \ddot{Al}) + 9\dot{H}.$$

oder ganz einfach



$$\dot{R}^3\,(\dddot{Si},\ \ddot{Al})^2 + 3\dot{H},$$

wo aufserdem etwas $\dddot{Fe}$ untergeordnet zu beiden isomorphen Bestandtheilen hinzutritt.

Wollte man bei beiden $3\ddot{Al} = 2\dddot{Si}$ setzen, so würde der Chlorit auf $9\dot{R}\ 5\frac{1}{3}\dddot{Si}$ enthalten, oder nach dem früheren Sauerstoffverhältnifs von $6 : 3 : 5 : 4 = 15\dot{R} + 8\dddot{Si} + 12\dot{H}$ seyn, was nahezu $= 2\dot{R}^2\,(\dddot{Si},\ \ddot{Al}) + 3\dot{H}$ wäre.

Zum Chlorit gehören ohne allen Zweifel zwei Substanzen, deren Unterscheidung durch besondere Namen sich durchaus nicht rechtfertigen läfst. Wir meinen *Leuchtenbergit* und *Pennin*.

Als *Leuchtenbergit* hat zuerst Komonen ein dem Chlorit im Aeufseren ähnliches in 6seitigen Tafeln krystallisirtes Mineral von Slatoust beschrieben und untersucht [1]), von dem Hermann später darthat [2]), dafs es wirklich nichts als Chlorit sey, und seinen Wassergehalt durch Glühen ebenso langsam verliert, wie dieser.

1) Verh. der K. miner. Ges. zu St. Petersburg, 1842. S. 64.
2) Jour. f. prakt. Chem. Bd. 31. S. 99. Bd. 40. S. 13.

Hermann's Analyse gab:

Kieselsäure	32,35
Thonerde	18,00
Eisenoxydul	4,37
Talkerde	32,29
Wasser	12,50
	99,51.

Rechnet man das Eisen ganz als Oxydul, so verhält sich der Sauerstoff von $\dot{Mg}(\dot{Fe})$, $\dddot{Al}$, $\dddot{Si}$ und $\dot{H}$ = 13,66 : 8,4 : 16,81 : 11,11, also fast genau wie 5 : 3 : 6 : 4, d. h. wie in dem Chlorit von Achmatowsk und Schwarzenstein und zugleich nicht sehr abweichend von dem vereinfachten Verhältnifs $1\frac{1}{2} : 1 : 2 : 1\frac{1}{2}$, insofern dasselbe hier = 1,6 : 1 : 2 : 1,3 ist. Wird auch hier die Thonerde als Vertreter der Kieselsäure gedacht, so ist der Sauerstoff von Basis, Säure und Wasser = 13,66 : 25,21 : 11,11, und kommt 1 : 2 : 1 noch näher, wenn, wie diefs sehr wahrscheinlich ist, ein Theil des Eisens als Oxyd vorhanden wäre.

Der sogenannte *Pennin*, von Zermatt im Wallis, ist zuerst von **Fröbel** als eigene Gattung unterschieden worden. **Schweizer** und **Marignac** haben Analysen geliefert, auf Grund derer, und mit Berücksichtigung der übrigen Eigenschaften der Substanz, wir schon früher behauptet haben, dafs sie durchaus nichts anderes als Chlorit sey [1]).

	a. Schweizer. (2. Analyse.)	*b.* Marignac. (Mittel v. 3 Anal.)
Kieselsäure	33,07	33,57
Thonerde	9,69	13,37
Chromoxyd	—	0,20
Eisenoxydul	11,36	5,93
Talkerde	32,34	34,16
Wasser	12,58	12,69
	99,04	99,92

1) Handwörterbuch des chem. Theils der Mineralogie II, 44 und II. Suppl. S. 109.

Hier finden sich allerdings Differenzen, doch möchte man vermuthen, die Trennung von Eisen und Thonerde sey bei Schweizer keine ganz vollständige gewesen. Die relative Menge beider Oxyde des Eisens ist zwar nicht bestimmt, nimmt man es aber als Oxyd, so giebt *a* das Verhältnifs von $\dot{Mg}$, $\dddot{R}$, $\dddot{Si}$ und $\dot{H}$ = 12,71 : 8,3 : 17,18 : 11,18 = 3 : 2 : 4,2 : 2,7, *b* hingegen 13,42 : 8,08 : 17,44 : 11,28 = 3,3 : 2 : 4,3 : 2,8, mithin immer nahe = 3 : 2 : 4 : 3. Setzt man $\dddot{R} = \dddot{Si}$, so haben wir für den Sauerstoff von Basis, Säure und Wasser das Verhältnifs in

a = 12,71 : 25,48 : 11,18 = 1 : 2,0 : 0,90
b = 13,42 : 25,52 : 11,28 = 1 : 1,9 : 0,84

mithin fast = 1 : 2 : 1.

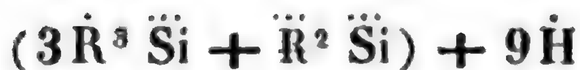
Fassen wir nun das im Vorstehenden Mitgetheilte nochmals übersichtlich zusammen, so ist das Resultat folgendes:

Es giebt unter den Chloriten gewisse Abänderungen, welche durch einen Gehalt von etwa 30 Proc. Säure und durch eine geringere Menge Eisen charakterisirt sind. Hierher gehören die Chlorite von Achmatowsk, vom Schwarzenstein im Zillerthal, von Mauléon in den Pyrenäen, vom Flusse Balschoi-Iremel und von den Schischminskischen Bergen bei Slatoust, so wie von Zermatt im Matterthale des Wallis; die beiden letzteren sind mit Unrecht als Leuchtenbergit und Pennin besonders unterschieden worden. Das Sauerstoffverhältnifs der Talkerde ($\dot{Fe}$), der Thonerde ($\dddot{Fe}$), der Kieselsäure und des Wassers ist für alle mehr oder minder nahe = 5 : 3 : 6 : 4, und die daraus zu abstrahirende Formel



$$[(\dot{R}^3 \dddot{Si} + \dddot{R} \dddot{Si}) + 2\dot{H}] + 2\dot{Mg}\dot{H}.;$$

Mit Rücksicht auf die übrigen Abänderungen und auf die schwierige Bestimmung der relativen Mengen von Eisenoxydul und Eisenoxyd, wird es jedoch in hohem Grade wahrscheinlich, dafs jenes Verhältnifs eigentlich das sehr einfache von $4\frac{1}{2}$: 3 : 6 : $4\frac{1}{2}$ = 3 : 2 : 4 : 3, und die Formel demgemäfs



$$(3\dot{R}^3 \dddot{Si} + \dddot{R}^2 \dddot{Si}) + 9\dot{H}$$

sey. Diese Abänderungen nennen wir *Chlorit.*

Eine andere Reihe hingegen, am St. Gotthardt, im Thale Rauris des Pinzgau's, am Greiner im Zillerthale, bei St. Christophe und am Mont des Sept-Lacs in Savoyen vorkommend, zeichnet sich durch einen geringeren Gehalt an Säure (26—27 Proc.), an Talkerde und einen gröſseren an Eisen aus. Sie scheinen sämmtlich das Sauerstoffverhältniſs von 3 : 3 : 4 : 3 zu haben, in Folge dessen sich ihre Constitution durch



$$(3\dot{R}^3 \dddot{Si} + \dddot{R}^3 \dddot{Si}) + 9\dot{H}$$

bezeichnen läſst. Wir nennen sie *Ripidolith.*

Die Clorite enthalten hiernach, bei gleicher Menge der übrigen Bestandtheile $\frac{1}{3}$ Thonerde weniger als die Ripidolithe.

Beide Reihen sind aber in ihren sonstigen Eigenschaften einander so gleich, daſs ein gemeinsamer Ausdruck ihrer Constitution wünschenswerth ist. Wir finden einen solchen, wenn wir die Thonerde als Vertreter der Kieselsäure und zugleich annehmen, daſs in den Chloriten diese Vertretung in dem atomistischen Verhältniſs von 1 : 1, in den Ripidolithen von 3 : 2 stattfindet, *denn alsdann sind beide wasserhaltige Bisilicate (Aluminate)* mit dem einfachen Sauerstoffverhältniſs von 1 : 2 : 1.



VI. *Ueber die Geschwindigkeit des Schalls in Flüssigkeiten; von Hrn. W. Wertheim.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXIII. p.* 434.)

Bisher hatte man kein Mittel, die Schwingungsgesetze und die Geschwindigkeit des Schalls in Flüssigkeiten zu bestim-

men [1]). Viele Physiker nahmen mit Chladni an, dafs die Flüssigkeiten wohl den Schall fortzupflanzen vermöchten, sie aber wegen der grofsen Beweglichkeit ihrer Theilchen und wegen ihrer geringen Zusammendrückbarkeit nicht fähig wären, denselben ohne Dazwischenkunft starrer Körper zu erzeugen. Nach den Untersuchungen von Savart und Cagniard-Latour ist das Pulsiren und Pfeifen einer Flüssigkeitsader innig verknüpft mit der Form dieser Ader und mit der Höhe der Flüssigkeitssäule über der Mündung; umgekehrt ändert sich die Form der Ader nach dem Ton, zu dessen Fortpflanzung sie dient. Allein bei diesen Versuchen sind die Schwingungen der Flüssigkeit nur ein secundärer Effect, und sie führen daher nicht zur Kenntnifs der Gesetze dieser Schwingungen und der Schallgeschwindigkeit. Um diese Lücke auszufüllen, bediente man sich der Resultate der mathematischen Analyse und des directen Versuchs.

Laplace hat zuerst die Schallgeschwindigkeit aus der Zusammendrückbarkeit einer Flüssigkeit abgeleitet. Sich der noch wenig genauen Versuche von Canton bedienend, fand er für Regenwasser und Meerwasser die Geschwindigkeiten 1525,^{m}8 und 1620,^{m}9 [2]).

Poisson betrachtete die Gesetze der Schwingungen zweier übereinanderliegenden Flüssigkeiten, zweier elastischen oder einer flüssigen und einer elastischen [3]); und in einer anderen Arbeit machte er die wichtige Bemerkung, dafs das Princip der allseitigen Gleichheit des Drucks, welches die Basis der Hydrostatik ausmacht, nicht anwendbar sey auf schwingende Flüssigkeiten, und dafs demgemäfs die

1) Die Wasserorgeln, deren alte Schriftsteller gedenken, waren Instrumente, in welchen Luft, comprimirt durch einen Wasserstrom, die Pfeifen zum Tönen brachte.

2) *Ann. de chim. et de phys. Ser. II. T. III. p.* 240. Bemerkenswerth ist, dafs Laplace bei seiner ersten Rechnung nicht auf die lineare Verringerung der Dimensionen des comprimirten Volums Rücksicht nahm, und dafs er erst später einsah, man müfste die gesammte Abnahme dieses Volums beachten. Weiterhin wird man sehen, dafs wirklich das Verhältnifs dieser beiden Compressibilitäten in Rechnung zu ziehen ist.

3) *Mém. de l'acad. T. II.*

Resultate der Analyse einer Verification bedürfen [1]). Andrerseits konnte die directe Bestimmung der Schallgeschwindigkeit nur beim Wasser ausgeführt werden. Colladon und Sturm haben in dem sehr reinen Wasser des Genfersee's, bei 9° C. Temperatur, die Geschwindigkeit = 1435 Meter gefunden [2]), ein Resultat, welches mit dem, das sich aus den von Oersted, von Colladon und Sturm selbst und von Regnault für die Zusammendrückbarkeit gefundenen Werthen theoretisch ergiebt, sehr wohl übereinstimmt. Im Meerwasser fand Hr. Beudant angenähert die Geschwindigkeit = 1500 Meter.

Durch eine anfangs unfruchtbare Reihe von Versuchen gelang es mir, die Bedingungen aufzufinden, unter welchen eine mit Flüssigkeit gefüllte Orgelpfeife ihren wirklichen Grundton und die Reihe ihrer harmonischen Töne zu geben vermag [3]). Zuvörderst liefs ich einen Apparat von so grofsen Dimensionen anfertigen, dafs ich eine Säulenlänge von mehr als einem Meter hatte, um die gesammte Masse der Flüssigkeit verändern zu können, um hinreichend tiefe Töne zu erhalten und um endlich alle Modificationen des Versuchs studiren zu können. Darauf liefs ich denselben Apparat im Kleinen construiren, in solchen Dimensionen, dafs es möglich war, andere Flüssigkeiten als Wasser anzuwenden.

Ehe ich die Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeit zu bestimmen suchte, unternahm ich diese Bestimmung für die Luft, denn bekanntlich sind alle auf diese Weise gefundenen Geschwindigkeiten bedeutend hinter der zurückgebliebenen, welche aus dem directen Versuch in freier Luft hervorgeht. Da meine Apparate so eingerichtet waren, dafs sie so gut für Luft wie für Flüssigkeiten dienen konnten, so habe ich zuvörderst die Ursache dieser Verschiedenheit aufgesucht.

Der in grofsem Maafsstabe ausgeführte Apparat (Taf. II.

1) *Journ. de l'Ecole polytechnique. Cahier XX.*
2) Pogg. Ann. Bd. 12, S. 171.
3) *Compt. rend.* 1847 *Avr.* 12.

Fig. 10.) besteht aus einem mit Wasser gefüllten Kasten, einer Saug- und Druckpumpe, zwei Behältern mit comprimirter Luft, zwei Manometern, und endlich mehren Orgelpfeifen von verschiedener Länge [1]).

Der mit Wasser gefüllte Kasten *A* von verzinktem Eisenblech ist 1,^{m}35 lang, 40 Centm. breit und eben so hoch; er faſst 216 Liter und ruht auf einem eisernen Gestell von solcher Höhe, daſs man darunter heizen kann. Auf dem Boden dieses Kastens befinden sich fünf messingene mit verschiebbaren Stiften versehene Sützen *a*, die die Orgelpfeife *bb* tragen; der Fuſs dieser Pfeife ist in *c* angeschraubt an eine in der Wand befestigte Mutter, die der Pumpe gegenüber sitzt. Unmittelbar darunter hat der Boden des Kastens ein groſses Loch *e* mit Dille, an welche sich in *d* (durch ein *raccord à incendie*) das Saugrohr schraubt. Das Loch ist bedeckt mit einem Drahtgeflechte, um zu verhüten, daſs fremde, im Wasser schwebende Körper in das Saugrohr und somit in das Mundstück der Pfeife gelangen. Ein Hahn *f*, unten an der gegenüberstehenden Wand, dient zum Ablassen des Wassers. Eine Ventilpumpe mit Balancier *B* schöpft das Wasser aus dem Kasten mittelst der Saugröhre *h* von 5 Centm. Durchmesser. Auf ihr steht ein erster Luftbehälter *C*, von 45 Centm. Höhe und 30 Centm. Durchmesser, mit schwach gewölbten Grundflächen, die dem cylindrischen Theil fest angelöthet sind. Das Ganze ist von getriebenem Kupfer, von hinreichender Dicke, um einem Druck von mehren Atmosphären zu widerstehen.

Eine graduirte Niveau-Röhre *l* von dickem Glase befindet sich parallel neben der Wand des Cylinders, gehalten durch knieförmige Hülsen (*raccord à étrier*); es erlaubt in jedem Augenblick den Wasserstand im Behälter zu sehen und somit den von diesem Stand bedingten Anwuchs des

1) Mit einer Zuvorkommenheit, für welche ich ihm wahrhaft verpflichtet bin, hat mir Hr. Regnault erlaubt, diesen Apparat in dem Garten des *Collége de France* aufzustellen und somit alle die Erleichterungen zu benutzen, welche die daselbst befindlichen Behälter voll Wasser und comprimirter Luft gewähren.

Drucks zu bestimmen. Die Decke des Behälters trägt zwei Hähne, deren einer, *m*, zu einem der grofsen Regnault'schen Behälter mit comprimirter Luft führt, während der andere, *n*, mit der äufseren Luft gemeinschaftet; auf diesen letzten Hahn, bei *r*, läfst sich eine Sirene schrauben.

Die cylindrische Wand des Luftbehälters hat noch zwei Oeffnungen, von denen die eine, unten, das Steig- oder Triebrohr aufnimmt, während die andere, am oberen Theil, zum Manometer mit comprimirter Luft *D* führt. Das Triebrohr besteht aus zwei Stücken *s* und *s'*, getrennt durch einen grofsen Hahn *t*; eine am Schlüssel dieses Hahns angebrachte Spitze bewegt sich über einem auf der oberen Fläche der Büchse befindlichen getheilten Kreis, und zeigt somit für jede Stellung die Gröfse der innern Oeffnung an. Der zweite Theil des Triebrohrs *s'* hat seitwärts ein Loch und darin eine Röhre, die zum Manometer mit freier Luft *E* führt. Die beiden kleinen Hähne *u* und *u'* dienen zur Herstellung oder Unterbrechung der Gemeinschaft zwischen dem Apparat und den Manometern; von den kupfernen Röhren *v* und *w* geht die eine vom grofsen zum kleinen Behälter mit comprimirter Luft, die andere von diesem zum Manometer *D*. Das Bleirohr *x* ist mit einem seiner Enden gekittet an einen der Schenkel des Manometers mit freier Luft. Endlich taucht die Röhre *y* in einen grofsen Behälter voll Wasser, der in einem oberen Stockwerk des Gebäudes steht. Diese Röhre verrichtet die Dienste eines Hebers und ist immer gefüllt, so dafs man nur den Hahn *z* zu öffnen braucht, um das Wasser in dem Kasten zu erneuern. Alle diese Röhren sind durch Verbindungsschrauben (*raccord à incendie*) mit dem Apparat vereinigt, und sie lassen sich daher leicht abtrennen und reinigen.

Nachdem solchergestalt Alles eingerichtet ist, sucht man sorgfältig alle der Mündung und der Innenwand der Pfeifen anhaftenden Lufsblasen zu entfernen, verschliefst die Hähne *m* und *n* und läfst die Pumpe wirken. Wenn man einen starken Druck nöthig hat, so fängt man damit an, diesen Druck in dem grofsen Behälter von comprimirter

Luft herzustellen, welchen man darauf mit dem Behälter *C* in Verbindung setzt; die Pumpe dient alsdann nur zur Unterhaltung eines constanten Ausfliefsens. In beiden Fällen ist die auf die Oberfläche des Wassers drückende Luftmasse hinreichend, um die Stöfse der Pumpe unmerklich und die Töne zur Genüge aushaltend zu machen; man regelt das Ausfliefsen mittelst des Hahns *t*, indem man dafür sorgt, ihn nur theilweise zu öffnen, sobald man mit einer Röhre von kleinem Durchmesser operirt. Gewöhnlich bedient man sich nur des Manometers mit freier Luft; da von dessen Schenkeln der eine, der mit dem Apparat communicirende, über dem Quecksilber mit Wasser gefüllt ist, so beobachtet man immer das Niveau des Quecksilbers in beiden Schenkeln, um sowohl die veränderliche Höhe dieser Wassersäule als auch die der im Behälter befindlichen und durch die Niveau-Röhre gemessenen Wassersäule in Rechnung zu nehmen. Wenn die Drucke zu stark werden, schliefst man den Hahn *u'* und bedient sich des Manometers mit comprimirter Luft.

Solchergestalt bestimmt man für jede Länge der Pfeife die Reihe der Töne und die Reihe der entsprechenden Drucke.

Will man in Luft operiren, so ersetzt man die Pfeife in dem Kasten durch einen messingenen Stöpsel, welcher gleichen Schraubengang mit ihr hat, legt nun auf die Wanne den Deckel *g*, versehen mit Leisten, um die Pfeife in der Lage *b'b'* zu halten, und verbindet diese Pfeife mit den Luftbehältern mittelst der elastischen Röhre *o*, die an dem einen Ende eine Mutter *p* hat, ähnlich der in dem Kasten bei *c* befestigten, und am andern Ende eine Mutter *r*, die auf den Hahn *n* geschraubt wird.

Bei geöffnetem Hahne *m* beginnt man damit, der Luft in den Behältern den nöthigen Druck zu ertheilen, dafs die Pfeife den höchsten ihrer harmonischen Töne giebt; dann öffnet man die Hähne *t* und *u'* und regelt den Luftstrom mittelst der Hähne *m* und *n* und mittelst der Pumpe. Da die Drucke hier sehr klein sind, so ist es gut, das Quecksilber im Manometer mit freier Luft durch Wasser zu ersetzen,

setzen; in dem Maafse, als der Druck abnimmt, notirt man die verschiedenen harmonischen Töne und die Drucke, welche dem Erscheinen und dem Verschwinden eines jeden derselben entsprechen.

Die Versuche, welche ich mit diesem Apparat gemacht, haben mir gezeigt, dafs im Wasser der Ton wirklich durch die Länge der in der Pfeife enthaltenen flüssigen Säule bestimmt wird, dafs er unabhängig ist von der gesammten, die Pfeife umgebenden Wassermasse, von der Höhe der auf dem Mundstück lastenden Säule, von der Lage dieses Mundstücks in Bezug auf die Oberfläche der Flüssigkeit, von dem Abstand des offenen Endes der Pfeife von der gegenüberstehenden Wand des Kastens, u. s. w. Ich habe also einen Apparat construiren lassen, der mit einer weit geringeren Menge Flüssigkeit functionirt, und welcher trotz dem mit Wasser dieselben Resultate liefert wie der vorhergehende.

Der Apparat Taf. II. Fig. 11. besteht ebenfalls aus einem Behälter für die Flüssigkeit, einer Orgelpfeife, einer Pumpe, einem Behälter mit Luft und einem Manometer.

Der Behälter *A* für die Flüssigkeit, aus Zink gearbeitet, besteht aus einem Cylinder von 52 Centm. Höhe und einem kleinen Bassin auf seinem Scheitel. Durch Löthung ist er auf der grofsen bronzenen Platte *d* befestigt, die wiederum dem eisernen Stativ *a* aufgebolzt ist. Die horizontale Platte dieses Stativs verschliefst die untere Oeffnung des Cylinders *A*; sie hat drei Löcher; das eine, in der Mitte, nimmt das Triebrohr auf, das zweite das Saugrohr, und das dritte ein Rohr zum Leeren des Apparats.

Die Pfeife *b* ist an ihrer Basis in *c* auf das Ende der centralen Röhre geschraubt, steht senkrecht und ist sowohl von der Flüssigkeit umgeben als mit ihr gefüllt; sie empfängt den Strom von unten, was Luftblasen verhindert, sowohl im Windloch zu verweilen, als an der Innenwand zu haften.

Die Pumpe *B* saugt die Flüssigkeit durch die Röhre *h* auf, und treibt sie durch das Steigrohr *s* in den Behälter *C*. Dieser Behälter, von Kupfer und 20 Centm. im Durchmes-

ser, hat oben ein grofses Loch, verschlossen durch eine Platte *m* mit einer Tubulatur zur Aufnahme der Verbindungsröhre *x*, die entweder zu einem der Manometer *D* oder *E*, oder zum Behälter mit comprimirter Luft *C* des grofsen Apparates führt. Diese letztere Einrichtung giebt dem Ausflufs mehr Constanz und den Tönen eine gröfsere Dauer.

Die aus dem Behälter tretende Flüssigkeit wird durch die Röhre *s'* in das Mundstück getrieben. Die Hähne *t* und *u* dienen zur Herstellung oder Unterbrechung der Communicationen zwischen dem Flüssigkeitsbehälter und Luftbehälter und zwischen diesem letzteren und der Röhre *x*; mittelst des Hahnes *f* entleert man den Apparat. Die verschiedenen Stücke und Röhren dieses Apparats sind durch Verbindungsschrauben (*raccord à boulons*) mit dazwischengelegtem Leder vereinigt, wodurch man sie leicht reinigen kann, selbst für die verschiedenen Modificationen des Apparats.

Die Construction der Pfeifen und ihres Mundstückes ist das Einzige, was bei diesen Versuchen einige Schwierigkeiten darbietet. Man weifs, welche Unsicherheit in allen practischen Regeln für das Mundstück einer zum Ertönen in Luft oder einem andern Gase bestimmten Pfeife herrscht; die Arbeit mifslingt sehr oft, ohne dafs man die Ursachen oder die Bedingungen dieses schlechten Erfolgs anzugeben weifs. Die Schwierigkeiten und Unsicherheiten wachsen noch, wenn die Pfeife in einer Flüssigkeit ertönen soll. Die relativ sehr grofsen Kräfte, die hier in Thätigkeit gesetzt werden, erzeugen leicht Mundstückstöne, ein Zischen im Windloch, und endlich Töne aus dem Erzittern der Labien und des Körpers der Pfeife selbst. Auch ist es mir erst nach langem Herumtappen geglückt, alle diese Geräusche, welche oft den Ton der Flüssigkeitssäule nicht entstehen oder wahrnehmen lassen, zum Verschwinden zu bringen, und ich bitte Personen, welche diese Versuche wiederholen wollen, sich nicht durch einige fruchtlose Versuche entmuthigen zu lassen. Unter guten Umständen leistet eine

Pfeife für Flüssigkeiten alles, was man von einer für Luft gut angesetzten Pfeife verlangen kann. Die harmonischen Töne sprechen leicht an und sind in vollem Einklang mit dem Grundton.

Fig. 12. Taf. II. stellt eine dieser Pfeifen vor, die aus drei Stücken zusammengesetzt ist. Das erste Stück besteht aus der Schraube *c*, passend zu entsprechenden Müttern der beiden Apparate des Fuſses oder der Windlade, in deren Innern ein ziemlich feines Drahtnetz ausgespannt ist, ferner aus dem Mundloch und dem ersten Drittel der Länge; es endigt mit dem Schraubengang *h*. Die beiden Labien des Mundlochs bestehen aus zwei Platten *d* und *e*, mittelst Klammer (*brides*) befestigt. Jedes der anderen Stücke der Pfeife besitzt an dem einen Ende einen Schraubengang *h* und an dem andern eine entsprechende Mutter, so daſs man durch successives Anschrauben an das erste Stück die Länge der schwingenden Säule verdoppeln oder verdreifachen kann, ohne daſs die Innenwand aufhört, vollkommen glatt zu seyn, was eine Bedingung zum Gelingen ist. Der Deckel *k* endlich, der sich auf jedes Stück schrauben läſst, dient zur Herstellung eben so vieler gedeckten Pfeifen.

Man wird weiterhin sehen, zu welchem Zweck die Pfeifen aus Stücken zusammengesetzt sind. Was das Mundloch betrifft, so darf man nicht sogleich die Labien, durch Löthung der Platten *d* und *e* auf die Pfeife, in unveränderlicher Weise befestigen; dieſs kann erst hernach geschehen, nachdem zuvor durch den Versuch die Lage ermittelt worden ist, die man ihnen geben muſs, damit die Pfeife in der Flüssigkeit anspreche; denn es geschieht sehr häufig, daſs eine für Luft vollkommen gut angesetzte Pfeife kein Resultat in Flüssigkeiten giebt, oder erst bei einem ungemein starken Druck zu ertönen beginnt.

Für Flüssigkeiten muſs im Allgemeinen der Aufschnitt (*bouche*) weniger breit und weniger lang seyn als für Luft, das Windloch (*lumière*) gröſser seyn und die aus demselben hervordringende Schicht (*lame ou nappe*) mehr geneigt gegen das Innere der Pfeife. Diese drei Abänderungen be-

wirkt man gleichzeitig, wenn man das untere Labium vortreten und sanft auf den Anfang der geneigten Ebene, auf welcher das obere Labium *o* ruht, steigen läfst. Ist das Resultat noch nicht genügend, so verschiebt man das obere Labium, bis man die Lage findet, bei welcher die zum Windloch ausströmende und gegen die Schneide (*biseau*) stofsende Schicht kein Zischen und keine Rückstöfse erzeugt, sondern durch diese Schneide in zwei Theile zerschnitten wird, von denen der eine in die Pfeife dringt, der andere aber längs dem oberen Labium fortgleitet. Die obere Klammer mufs sich immer in einem gewissen Abstand der Schneide befinden, damit der äufsere Theil der Flüssigkeitsschicht nicht in den Aufschnitt zurückgeworfen werde. Oft ist es sogar vortheilhaft, die Klammer bei den Vorversuchen durch einige Windungen Bindfaden zu ersetzen und so wie man die richtige Lage für das obere Labium gefunden hat, dasselbe definitiv festzulöthen. Das untere Labium mufs immer beweglich bleiben, damit man die fremdartigen Körperchen, welche der Strom mit in das Windloch führt, leicht wegnehmen könne und immer unbehindert sey, das Windloch nach der Natur und Temperatur der Flüssigkeit zu ändern. Seitliche Ausweichungen sind minder schädlich, als man glauben möchte, und man kann sie durch Anziehen der Klammern oder durch Verkitten der Spalten ganz verhüten.

Da mehrere Physiker, zur Bestimmung der Schwingungsmengen, der Sirene den Vorzug gegeben haben vor dem Sonometer (Monochord), so glaubte ich, mit beiden Instrumenten einige vergleichende Versuche machen zu müssen. Die Sirene wurde entweder auf den Hahn *n*, Fig. 10. Taf. II., oder auf die Windlade eines Blasewerks geschraubt; in beiden Fällen kann man den Luftstrom fast constant machen. Sobald der Ton der Sirene gehörig constant geworden, gab man streng denselben Ton auf dem Sonometer an, was durch Beobachtung der Schläge leicht zu erreichen war. Um ein hinreichend genaues Mittel zu haben, wurde der Einklang einige Minuten lang unterhalten.

Dauer des Versuchs.	Anzahl der Schwingungen in der Sekunde.		Dauer des Versuchs.	Anzahl der Schwingungen in der Sekunde.	
	Sirene.	Sonomet.		Sirene.	Sonomet.
3′ 12″,8	174,5	170,7	1′ 59″,3	536,3	540,1
3 10 ,0	253,9	256,0	2 11 ,6	604,9	598,1
3 30 ,4	311,9	310,7	2 20 ,4	634,6	630,5
2 26 ,0	349,6	350,7	1 37 ,0	662,6	656,4
2 14 ,4	352,9	353,6	2 15 ,0	750,2	752,9
2 15 ,4	377,0	382,1	1 17 ,0	845,9	847,7
5 9 ,8	415,8	414,2	1 40 ,8	921,3	920,9
2 30 ,2	424,2	426,7	2 9 ,6	996,9	1000,0
2 18 ,8	472,4	474,1	1 40 ,4	1167,5	1174,3

Die Unterschiede würden noch kleiner seyn, wenn der Luftstrom in aller Strenge constant gewesen wäre.

Diese Tafel zeigt, dafs die Fehler, welche man mit dem Sonometer begehen kann, höchstens 1 Schwingung auf 100 betragen, und dafs sie gewöhnlich noch geringer sind. Da diese Genauigkeit hinlänglich ist, so habe ich mich immer des Sonometers bedient, und ich werde in dieser Abhandlung die Töne durch die entsprechende Länge l der Saite des Sonometers, d. h. durch den Abstand zwischen dem festen und beweglichen Steg, in Millimetern ausgedrückt, angeben.

Bekanntlich ist die Anzahl n der einfachen Schwingungen in der Secunde $= \frac{256000}{l}$.

Ueberdiefs werde ich die vier, am häufigsten angewandten Pfeifen durch folgende Buchstaben bezeichnen:

	Innerer Durchmesser.	Wanddicke.
A .. Mundstück und Pfeife von Messing	40mm	2
B .. Mundstück und Pfeife von Messing	20	3
C .. Mundstück und Pfeife von Messing	10	1
D .. Mundstück von Messing, Pfeife von Glas	20	1.

Von der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft.

Die Töne der Orgelpfeifen sind immer tiefer, als sie nach der Geschwindigkeit des Schalls in freier Luft seyn müfsten. Liskovius hat bewiesen [1]), dafs, alles Uebrige gleich, die Vertiefung des Tons zunimmt mit dem Quer-

1) Pogg. Ann. Bd. 58, S. 100. und Bd. 60, S. 482.

schnitt der Pfeife. Dieser Unterschied, der desto merklicher ist, je kürzer die Pfeifen sind, rührt her von Störungen, die an ihren Enden stattfinden, und bewirken, dafs die Länge der Luftsäule nicht strenge gleich ist der ihrer soliden Hülle.

Man findet also eine zu kleine Geschwindigkeit, wenn man die Länge der Pfeife multiplicirt mit der Anzahl der Schwingungen der Luftsäule. Dieser Unterschied betrug bei den Versuchen, die Dulong mit einer offenen Pfeife machte, 30 Meter. Um ihn verschwinden zu machen, bediente sich Dulong des von Daniel Bernoulli angegebenen Verfahrens, das in der Anwendung einer Pfeife mit Stämpel besteht. Der Fehler, obwohl auf etwa 10 Meter reducirt, bleibt dennoch einer, und das war der Grund, weshalb Dulong glaubte, auf die directe Bestimmung der Geschwindigkeit mittelst Pfeifentöne verzichten zu müssen.

In der That finden bei offenen Pfeifen zwei Störungen an den beiden Enden statt. Die erste und beträchtlichste rührt davon her, dafs der Aufschnitt nur einen Theil des Querschnitts der Pfeife einnimmt, während die Theorie diefs Ende als ganz offen betrachtet, vielleicht auch davon, dafs die Schwingungen in der Nähe des Mundstücks nicht strenge longitudinal geschehen; die andere, am entgegengesetzten Ende, wird erzeugt durch eine kleine Verlängerung der schwingenden Säule über die durch das Ende der Pfeife gehende Ebene hinaus, eine Ebene, an welcher, der Theorie zufolge, die Reflexion geschehen müfste.

Bei den angestückten Pfeifen, die ich benutzte, ist es leicht, diese beiden Fehlerquellen in Rechnung zu ziehen. Es seyen nämlich für ein und dasselbe Mundstück

L_1 und L_2 die Längen zweier verschiedenen Pfeifen,
n_1 und n_2 die Anzahl der einfachen Schwingungen, die ihren Grundtönen entsprechen,
v_1 und v_2 die unberichtigten Schallgeschwindigkeiten,
x und y die Berichtigungen wegen des Mundstücks und wegen der Verschiebung der Knotenfläche, ausgedrückt in Pfeifenlängen.

Seyen ferner die Pfeifen ungedeckt und $L_1 < L_2$, so hat man:

$$v_1 = L_1 n_1 \qquad v_2 = L_2 n_2$$

und

$$x + y = \frac{v_2 - v_1}{n_1 - n_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (a)$$

Aber $n_1 > n_2$ und überdiefs wird man aus den folgenden Versuchen ersehen, dafs auch $v_2 > v_1$, mithin ist die Summe der Berichtigungen immer eine positive Gröfse.

Seyen für dieselben, aber gedeckten Pfeifen
n'_1 und n'_2 die Anzahl der Schwingungen,
v'_1 und v'_2 die unberichtigten Geschwindigkeiten,
so hat man:

$$x = \frac{v'_1 - v'_2}{2(n'_1 - n'_2)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (b)$$

Die beiden Gleichungen (a) und (b) geben folglich jede Berichtigung einzeln. Combinirt man also die mit demselben Mundstück, aber mit sehr verschiedenen Pfeifenlängen gemachten Versuche, so kann man sich überzeugen, dafs diese Berichtigungen wirklich unabhängig sind von diesen Längen.

Die einzige Schwierigkeit besteht in der Bestimmung der wahren Grundtöne. Bei den Pfeifen, selbst den best angesetzten, ist der Grundton nicht ganz fest; er schwankt innerhalb gewisser Gränzen mit der Stärke des Windes. Diese Veränderlichkeit des Tones läfst dem Beobachter einen grofsen Spielraum, und die Unsicherheit wächst noch, wenn man sich eines und desselben Mundstücks bei verschiedenen Pfeifenlängen bedient.

Um diesen Zweifel zu heben, nimmt man seine Zuflucht gewöhnlich, bei offenen Pfeifen, zum Ton 2, und, bei gedeckten Pfeifen, zum Ton 3. Allein ohne von der geringen Constanz zu sprechen, die man bei Pfeifen von etwas beträchtlicher Länge auch bei diesen Tönen beobachtet, wollen wir nur bemerken, dafs man eben so gut den Grundton aus den höheren harmonischen Tönen berechnen könnte, und die folgenden Beispiele werden zeigen, dafs man da-

durch einen desto höheren Grundton erhält, als der Ton, aus welchem man ihn bestimmte, ein höherer in der Reihe der harmonischen war.

Tafel I. — Reihe der Töne in Luft.

Pfeife.	Länge.	Offen od. gedeckt.	Werthe von *l*, experimentell gefunden aus der Reihe der harmonischen Töne.	Mittelwerthe von *l* für den Grundton, berechnet aus den harmonischen Tönen.
A	m 0,298	O	306; 151	306; 302
		G	600 b. 590; 192; 115	595; 576; 575
	0,631	O	560 b. 550; 275 b. 273; 180; 133	555; 548; 540; 532
		G	1090; 364 b. 360; 200 b. 214; 152; 116; 94	1090; 1086; 1085; 1064; 1044; 1034
	0,965	O	.... 407; 270; 202; 159; 132	.... 814; 810; 808; 795; 792
		G	.... 550 b. 540; 322; 232; 177; 142; 118; 102	.... 1635; 1610; 1624; 1593; 1562; 1534; 1530
B	0,373	O	339 b. 322; 158; 104	330; 316; 312
		G	628; 208; 123	628; 624; 615
C	0,288	O	231; 114; 76; 55; 44	231; 228; 228; 220; 220
		G	... 156; 193; 65; 48	... 468; 465; 455; 432
D	0,523	O	450 b. 443; 222 b. 220; 143; 150; 52	446; 442; 429; 420; 416
		G	......., 285; 170; 120,5; 92	... 855; 850; 843,5; 828.

Man sieht, wie schwierig es seyn würde, hienach über den Werth des Grundtons zu entscheiden, und diese Schwierigkeit mehrt sich noch durch den folgenden Versuch. Man stecke auf die mit einem Hahn versehene Windlade eines Blasewerks eine ziemlich lange Orgelpfeife. Bei geöffnetem Hahn erhält man zuvörderst mit einem schwachen Druck den Grundton, und indem man den Druck allmälig steigert, bekommt man auch die harmonischen Töne. Fährt man fort, den Wind zu verstärken, bis man den letzten harmonischen Ton überschritten hat, so gelingt es oft, sowohl den Grundton als dessen Octave aufs Neue hervorzubringen; allein beide sind etwas tiefer als die entsprechenden Töne der Reihe, die man für gewöhnlich beobachtet. Unterhält man dagegen den schwachen Druck, welcher den ersten Grundton gegeben hat, und schliefst den Hahn zum Theil, so springt dieser Grundton plötzlich auf den Ton 3 und 2, und fährt man fort, den Hahn zu drehen, so kommt aber-

mals der Grundton zum Vorschein. Die Töne dieser neuen Reihe sind schwächer, fester und höher als die der gewöhnlichen Reihe. Als Beispiel gebe ich hier einen mit der Pfeife *A* gemachten Versuch.

Länge.	Reihe I.	Reihe II.	Reihe III.
$\frac{1}{3}$m	301 b. 285; 149 b. 143; 96	318 b. 291; 147	
$\frac{2}{3}$	558 b. 548; 273 b. 265	555 b. 550; 280 b. 272; 182; 138	
1	806 b. 800; 400 b. 395	324 b. 795; 398; 266; 198; 161; 134	812

Die zweite Reihe ist die, welche man gewöhnlich beobachtet. Man würde also nicht bloſs zwischen den Werthen des Grundtons, die man in jeder Reihe erhält, zu wählen haben, sondern auch zwischen denen, die aus diesen verschiedenen Reihen hervorgehen. Alle diese Unterschiede entspringen offenbar daraus, daſs sich die Berichtigungen ändern mit der Gröſse des Drucks oder mit der Geschwindigkeit des Stroms im Windloch. Um alle Unsicherheit in dieser Beziehung zu heben und um constante Berichtigungen zu erhalten, traf ich die Vorsicht, die Drucke direct zu beobachten und in die Rechnung nur die entsprechenden Grundtöne aufzunehmen, d. h. die aus den Tönen, welche man mit einem selben Mundstück und einem selben Druck, aber bei verschiedener Länge der Pfeife erhält, berechneten Werthe der Grundtöne. Gesetzt, man finde bei einem gegebenen Druck:

den Grundton l, bei einer Pfeifenlänge L,
den Ton 2 l_2, - - - L_2,
den Ton 3 l_3, - - - L_3,

so werden für diese drei Längen die entsprechenden Grundtöne gegeben seyn durch die Seitenlängen l_1, $2\,l_2$, $3\,l_3$.

Diese Bestimmungen, von denen ich in der folgenden Tafel nur einige Beispiele anführe, haben mir zugleich Gelegenheit gegeben zur Aufsuchung des Verhältnisses zwischen den Werthen l der successiven Töne jeder Pfeife und zwischen den entsprechenden Drucken p, in Millimetern ausgedrückt.

Tafel II. — Reihe der

Pfeife.	L mm	Grundton l_1	Grundton p_1	Ton 2 l_2	Ton 2 p_2	Ton 3 l_3	Ton 3 p_3
						A. Offene	
A	298	315 b. 300	100 b. 196	143	400 b. 800		
	629	558 b. 550	22 b. 28	276	60 b. 105	180	195
	963	820 b. 812	4 b. 8	409	18 b. 24	170	60 b. 74
A[1])	298	306	43 b. 67	145	190 b. 280		
	629	558 b. 550	10 b. 15	277	58	182	70 b. 130
	963	815 b. 810	2 b. 5	405	16 b. 18	268	30 b. 40
B	97,5	98 b. 93	18 b. 158	46	178 b. 518		
	190,0	176 b. 165	5 b. 8	83 b. 82	40	54	84
	281,0	247 b. 239	2 b. 10	117	18	78	40 b. 64
D	100	110 b. 106	28 b. 504	52	504 b. 924		
	256	233	10 b. 74	115	74 b. 464		
	513	450 b. 443	1 b. 2	222 b. 220	6 b. 8	143	14 b. 25
	1231			501	2	330	6
						B. Gedeckte	
A	298	600	48	192	458	173	695
	629			364 b. 360	18	200 b. 214	34 b. 54
	963			550 b. 540	14	322	34
B	97,5	194 b. 181	2 b. 68	61	74 b. 524		
	190,0	340	36	110	44 b. 164		
	281,0	481 b. 477	2 b. 8	157,5	30	92	64
D	100	203 b. 200	6 b. 124	66	154 b. 700	37	700 b. 1000
	256	463	10 b. 74	153 b. 150	40	89	84
	523		10 b. 74	285	6	170	12 b. 16

So wurden die Grundtöne bei allen Versuchen genommen. Was die Drucke betrifft, so sieht man, daſs sie bei jedem Ton zwischen ziemlich weiten Gränzen schwanken, und doch habe ich für die höheren harmonischen Töne nur den Druck genommen, bei dem der Ton am reinsten

1) Mit einem anderen Mundstück.

Töne und Drucke.

Ton 4		Ton 5		Ton 6		Ton 7		Entsprechende Grundtöne.
l_4	p_4	l_5	p_5	l_6	p_6	l_7	p_7	
P f e i f e n.								
								300
133	370 b. 393							540
202	104 b. 148	160	174 b. 224	132	300			800
								306
133	210							546
201	70							804
								95
40	204							165
								234
								108
								230
106	68							424
246	12	198	20	164	30	140	40	980
P f e i f e n.								
								600
154 b. 151	104	116	180	94	235			1085
230	64 b. 90	177	194	142	284			1610
								185
								330
66	164 b. 324							460
								200
57	140	45	150 b. 500					445
120,5	30	93	34 b. 68					837

war. Die auf diese Beobachtungen gegründeten Rechnungen können also keine grofse Genauigkeit erreichen. Dennoch zeigt die folgende Tafel das Gesetz, nach welchem diese Drucke zunehmen, in dem Maafse, als der Ton die Reihe der harmonischen durchläuft.

Tafel III. — Berechnung der Drucke (Millimeter Wasser).

Pfeife	Länge mm	Für die offenen Pfeifen. p_1	$\frac{p_2}{2^2}$	$\frac{p_3}{2^3}$	$\frac{p_4}{2^4}$	$\frac{p_5}{2^5}$	$\frac{p_6}{2^6}$	$\frac{p_7}{2^7}$	Für die gedeckten Pfeifen. p_1	$\frac{p_2}{2^2}$	$\frac{p_3}{2^3}$	$\frac{p_4}{2^4}$	$\frac{p_5}{2^5}$	$\frac{p_6}{2^6}$
A	298	100 b. 196	100 b. 200						48	114	77			
	629	22 b. 28	15 b. 26	21,7	23 b. 25					4,5	4 b. 6	6,5	7,2	6,5
	963	4 b. 8	4 b. 6	6 b. 8	6 b. 9	7 b. 9	8,3			3,5	3,8	4 b. 6	7,7	7,8
A[1])	298	43 b. 67	47 b. 70											
	629	10 b. 15	14,5	8 b. 14	13,1									
	963	2 b. 5	4 b. 4,5	3 b. 4	4,4									
B	97,5	18 b. 158	44 b. 129						2 b. 68	18 b. 131				
	190	5 b. 8	10	9,3	12,7				36	11 b. 41				
	281	2 b. 10	4,5	4,5 b. 7					2 b. 8	7,5	7,1	10 b. 20		
D	100	28 b. 504	126 b. 231						6 b. 124	38 b. 175	78 b. 111			
	256	10 b. 74	18 b. 116						10 b. 74	10	9,3	8,8	6 b. 20	
	523	1 b. 2	1,5 b. 2	1,5 b. 2,8	4,2					1,5	1,3 b. 1,8	1,9	1,3 b. 2,7	
	1231	1 b. 2	0,5	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8						

1) Mit einem andern Mundstück.

Die in jeder horizontalen Linie stehenden Zahlen stimmen ziemlich gut unter sich für jede Pfeifenart: die Drucke oder Druckgränzen folgen also beinahe dem angezeigten Gesetz. So z. B. ist zur Erlangung des vierten Tons (welcher der Ton 4 bei den offenen Pfeifen, und der Ton 7 bei den gedeckten Pfeifen ist) ein sechszehn Mal gröfserer Druck erforderlich als für den Grundton; und im Allgemeinen *verhalten sich die Drucke wie die Quadrate der Ordnungszahlen der Töne, welche ihnen in der Reihe der harmonischen Töne entsprechen.*

(Schlufs im folgenden Hefte S. 544.)

VII. *Note zu meinen Versuchen über die Veränderung der Synaphie mit der Temperatur; von M. L. Frankenheim.*

In dem ersten Hefte des Liebig-Kopp'schen Jahresberichtes wird über einige aus meinen Beobachtungen berechnete Resultate folgendes *Urtheil gefällt:*

„Frankenheim hat mit Berücksichtigung der Poisson'schen Formel

$$p = \pi r^2 \mu \sqrt{2a^2} - \frac{\pi r \mu a^2}{3}$$

die Dicke und das Gewicht der flüssigen Schicht berechnet, welche sich im Augenblicke des Abreifsens zwischen der Adhäsionsplatte und dem Spiegel der Flüssigkeit befindet. Er hat jedoch bei diesen Berechnungen den zweiten Theilsatz $\frac{\pi r \mu a^2}{3}$ vernachlässigt, was nicht zulässig ist. Die von ihm gefundenen Zahlen können daher weder auf absolute Richtigkeit Anspruch machen, noch sind sie neben einander vergleichbar."

„In der obigen Formel ist $a^2 = \frac{H}{100}$, d. h. gleich der Erhebung der Flüssigkeit in einem cylindrischen Rohr von

1^{mm} Radius, ausgedrückt in Millim., dividirt durch 100..; μ ist das zum Abreifsen erforderliche Gewicht."

Der Referent hat jedoch die Bedeutung jener Formel ganz verkannt. H ist nicht die Höhe der Flüssigkeit in einer Röhre von 1^{mm} Radius, sondern die *reducirte* Höhe oder vielmehr das Product der reducirten Höhe in einer beliebig weiten Röhre mit deren Radius. Es ist die Constante, welche ich in meinen Abhandlungen mit S bezeichnet habe. Aus dieser habe ich zwar nicht das Gewicht, das eine Platte tragen kann, in Grammen, wie der Referent andeutet, wohl aber zwei andere Constanten abgeleitet, nämlich $C = \sqrt{2S}$, die Dicke der Schicht in Millimetern und $M = \frac{P\sqrt{2S}}{10315}$ den *Modulus* der Synaphie, d. h. das *reducirte* Gewicht, welches die Adhäsionsplatte tragen kann, den Druck der Atmosphäre als Einheit genommen. P ist das Gewicht eines Kubikcentimeters. Beide Gröfsen C und M sind von der Gröfse der Platte eben so unabhängig, wie S es von der Weite der Röhre ist. Bei der Berechnung *durfte* daher das zweite Glied jener Formel nicht angewendet werden, das sich nur auf Platten von bestimmter Gröfse bezieht.

Dieses Mifsverständnifs ist mir um so unerklärlicher, da ich mich über die Anwendung dieser übrigens sehr elementaren Formeln in allen meinen Aufsätzen über diesen Gegenstand und auch in Poggend. Ann. Bd. 72. S. 149 sehr deutlich ausgesprochen habe.

Einige andere Bemerkungen, die ich über den Auszug im Jahresberichte machen könnte, übergehe ich, da ein Jeder, der sich für den Gegenstand interessirt, die Abhandlung selbst einsehen wird.

VIII. *Ueber die magnetischen Beziehungen der positiven und negativen optischen Axen der Krystalle; vom Professor* Plücker.

(Aus einem Briefe an Hrn. Faraday, im *Philosoph. Magazine Vol. XXXIV. p.* 450.)

---

1. Das erste und allgemeine Gesetz, welches sich aus meinen letzten Versuchen ergab, ist folgendes: Die optischen Axen werden durch die Pole eines Magnets entweder *abgestofsen* oder *angezogen*, je nach dem krystallinischen Gefüge der Krystalle. Ist der Krystall ein *negativer*, so findet *Abstofsung* statt; ist er dagegen ein *positiver* so erfolgt *Anziehung*.

Die geeignetsten Krystalle zum Erweise dieses Gesetzes sind: *Diopsid* (ein positiver Krystall), *Cyanit* und *Topas* (beide negativ) und andere, ähnlich krystallisirte. In diesen Krystallen ist die Linie (*A*), welche die spitzen Winkel zwischen den optischen Axen halbirt, weder winkelrecht noch parallel zur Axe (*B*) des Prismas. Ein solcher Krystall, horizontal aufgehängt wie ein Prisma von Turmalin, Staurolith oder Kaliumeisencyanid bei meinen früheren Versuchen, stellt sich weder axial noch aequatorial, sondern nimmt eine intermediäre Richtung an. Diese Richtung ändert sich, so wie das Prisma um seine eigene Axe *B* gedreht wird. Durch eine einfache geometrische Construction läfst sich erweisen, dafs, bei einer Drehung des Prismas um seine Axe (*B*), diese Axe, ohne zwei feste Gränzen *C* und *D* zu überschreiten, durch alle intermediären Lagen geht. Die Richtungen *C* und *D*, wo der Krystall umkehrt, machen zu beiden Seiten der Linie, die entweder die beiden Pole verbindet oder darauf winkelrecht ist, Winkel, die dem von *A* und *B* eingeschlossenen gleich sind. Das Erste ist der Fall, wenn der Krystall ein *positiver* ist, das Letztere, wenn er zu den *negativen* gehört. Daraus folgt, dafs der Krystall, wenn er, bei irgend einer Art von horizontaler Aufhängung, auf die Pole eines Magnets hinweist, ein *positiver* ist, er dagegen ein *negativer* ist, wenn er sich aequatorial stellt.

Die Magnekrystallaxe ist, optisch gesprochen, glaube ich, die die (spitzen) Winkel zwischen den beiden optischen Axen halbirende Linie, oder, wenn der Krystall ein ein-

axiger ist, diese Axe selbst. Die Krystalle von Wismuth und Arsenik sind positive Krystalle, die von Antimon, nach meinen Versuchen, negative. Alle sind einaxig.

II. Der *Cyanit* ist bei weitem der interessanteste Krystall, den ich untersucht habe. Horizontal aufgehängt, zeigt er, *vermöge der Magnetkraft der Erde allein*, sehr gut gen Nord. Er ist eine wahre Compafsnadel, und mehr als diefs: Sie können seine Declination erhalten. Hängen Sie denselben z. B. so auf, dafs die den Winkel der beiden optischen Axen halbirende Linie in der durch die Axe *B* des Prismas gehenden Vertical-Ebene liegt, so stellt sich der Krystall genau so wie eine Compafsnadel. Drehen Sie nun den Krystall um die Linie *B*, so können Sie machen, dafs er genau nach dem Norden der Erde zeigt, u. s. w. Der Krystall stellt sich nicht vermöge des Magnetismus seiner Substanz, sondern *blofs in Folge der magnetischen Einwirkung auf seine optischen Axen*. Diefs steht im vollen Einklang mit dem verschiedenen Gesetz, nach welchem die rein magnetische und die opto-magnetische Wirkung mit der Entfernung abnimmt. Nähern Sie dem Nord-Ende des aufgehängten Krystalls den Südpol eines permanenten Magnetstabes von hinreichender Stärke, um den Magnetismus der Erde zu überwältigen, so wird die Axe *B* des Prismas mit der Axe des Stabes (was für eine Richtung dieser Stab auch in der Horizontal-Ebene haben möge) genau *denselben* Winkel machen, den er zuvor mit der Meridian-Ebene machte, da der Krystall entweder mehr gen Osten oder mehr gen Westen gerichtet war.

Der Krystall zeigt auch, in sofern einer Magnetnadel ähnlich, eine starke Polarität, da er immer dasselbe Ende nach Norden richtet. Ich halte diefs für eine *Polarität der opto-magnetischen Kraft*. Es bieten sich hier zwei Fragen dar. Wird der Nordpol durch die Krystallform angedeutet, und erhielt der Krystall, nach seiner Bildung, die Polarität durch den Erdmagnetismus? Zwischen den Polen eines starken Elektromagnets verschwand, so lange derselbe erregt war, die permanente Polarität. —

Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

1849. ANNALEN №. 8.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LXXVII.

I. *Ueber die Oberfläche der Flüssigkeiten; von G. Hagen.*

(Aus den Denkschriften d. K. Acad. d. Wiss. f. 1846. — Nachtrag zu der Abhandl. in d. Ann. Bd. 67. S. 1 und 152.)

Der Zusammenhang der eigentlichen Capillar-Erscheinungen mit der Adhäsion der Flüssigkeiten an festen Körpern ist bereits vielfach bemerkt worden. Diese Adhäsion bietet ein sehr bequemes und sicheres Mittel zur Messung der Spannung in der Oberfläche der Flüssigkeiten, indem man den Werth derselben durch unmittelbares Abwiegen bestimmen kann. Die Uebereinstimmung der nach beiden Methoden gefundenen Resultate habe ich im Folgenden nachgewiesen, die Untersuchung aber nicht nur auf das Wasser beschränkt, sondern zugleich das Verhalten anderer Flüssigkeiten, und zwar vorzugsweise des Oliven-Oels und des Alkohols geprüft. Ich wählte diese beiden Körper, weil der erstere ohne Zweifel einen auffallend geringeren Grad der Flüssigkeit als das Wasser besitzt, der letztere dagegen, wie man gewöhnlich annimmt, einen bedeutend gröſsern. Das specifische Gewicht des von mir benutzten Alkohols betrug 0,7967 und das des Olivenöls 0,9129.

Um den Einfluſs der Beweglichkeit oder des Grades der Flüssigkeit noch klarer darzustellen, versetzte ich auch das Wasser mit schleimigen Substanzen, und zwar nach und nach so stark, daſs es sich zuletzt in einen zähen Schleim verwandelte. Endlich habe ich auch die Spannung in der Oberfläche des Quecksilbers zu ermitteln versucht.

Sowohl beim Alkohol, als beim Oel, gab sich jene Veränderlichkeit, die ich beim Wasser bemerkt hatte, nicht

zu erkennen: bei diesem bestätigte sich aber wieder jedes Mal die frühere Wahrnehmung, daſs die Spannung der Oberfläche nach und nach und zwar anfangs sehr schnell sich verminderte [1]). Ich benutzte daher, um möglichst übereinstimmende Resultate zu erhalten, nur solches Wasser, das bereits einige Stunden in einem weiten Glase gestanden hatte, und zwar habe ich bei den folgenden Beobachtungen ausschlieſslich Brunnenwasser angewendet.

Die Beobachtungen wurden immer bei der Temperatur von ungefähr 15° R. und zwar auf drei verschiedene Arten angestellt: ich maſs nämlich

I. die Erhebung der Flüssigkeit zwischen parallelen Plan-Scheiben,

II. die Gröſse der von kleinen Scheiben abfallenden Tropfen, und

III. die Kraft, welche erforderlich ist, um benetzte Scheiben über der Flüssigkeit schwebend und zwar mit derselben in Berührung zu erhalten.

I. Ueber die erste Beobachtungsart habe ich mich schon früher ausführlich geäuſsert. Die Vorzüge derselben, die ich aufs Neue wahrzunehmen Gelegenheit hatte, beruhen zunächst auf der vollkommenen Deutlichkeit, womit man die ganze spiegelnde Fläche übersieht, und bei ihrer einfachen Form alle Unregelmäſsigkeiten, die eine unvollständige Benetzung irgendwo veranlaſst, sehr auffallend bemerkt. Die Schärfe in der parallelen Aufstellung und in der Bestimmung des gegenseitigen Abstandes der Scheiben ist, wenn sie auch gewiſs ihre Gränzen hat, dennoch bei sorgfältiger Ausführung und vorsichtiger Behandlung so groſs, daſs sie selbst bei genaueren Messungen, als ich angestellt habe, sich wohl als vollkommen genügend erweisen dürfte. Ich zweifle nicht, daſs es möglich ist, Fehler von etwa 0,002 Par. Linien dabei sicher zu vermeiden.

1) Hr. Prof. Gerling hat nach einer mir gefälligst gemachten Mittheilung die Veränderlichkeit des destillirten Wassers in dieser Beziehung gleichfalls, und zwar schon viel früher bemerkt.

Jedenfalls ist die Prüfung des ganzen Apparates und die Bestimmung des wahrscheinlichen Fehlers in dieser Beziehung sehr leicht, so daſs man sich ein ganz sicheres Urtheil über die Genauigkeit der angestellten Messungen leicht bilden kann. Sodann ist die Berührung der feinen Stahlspitze mit der Oberfläche, besonders wenn man eine scharfe Lupe davor befestigt, so sicher wahrzunehmen, daſs in dieser Beziehung gewiſs keine andere Beobachtungsart den Vorzug verdient. Kommt hierzu noch die groſse Bequemlichkeit der Rechnung (mit Benutzung der mitgetheilten Tabelle), so zweifle ich nicht, daſs das ganze Verfahren sich vorzugsweise empfiehlt, wenn auch die absolute Gröſse der gemessenen Höhen geringer ist als in feinen Haarröhrchen [1]).

Der Apparat, womit ich die Erhebung der Oberfläche zwischen den Planscheiben beobachtete, war derselbe, dessen ich mich schon früher bedient hatte, und den ich be-

1) Meine frühere Aeuſserung, daſs die genaue Ermittelung der Weite einer feinen Röhre sehr schwierig sey, bedarf einer nähern Erklärung. Die Methode, welche hierzu benutzt wird, besteht bekanntlich darin, daſs man einen Quecksilber-Tropfen hineintreten läſst, und aus dessen Gewicht, so wie aus seiner Länge in der Röhre den Querschnitt der letztern ermittelt. Durch Verschieben des Tropfens kann man sich auch davon überzeugen, ob der Querschnitt der Röhre im Allgemeinen überall gleich groſs sey. Der Querschnitt läſst sich hiernach ohne Zweifel leicht und hinreichend sicher bestimmen, die Capillar-Erscheinung wird indessen keinesweges durch den Querschnitt, sondern durch die Weite der Röhre bedingt. Man muſs also noch untersuchen, ob der Querschnitt wirklich ein Kreis sey, und wenn dieses nicht stattfindet, muſs man das Verhältniſs des gröſsten Durchmessers zum kleinsten ermitteln. Mir ist keine Methode bekannt, wonach dieser Theil der Untersuchung sicher und leicht anzustellen wäre. Gewiſs darf man aber nicht ohne weitere Prüfung voraussetzen, daſs der Querschnitt wirklich kreisförmig sey. Ich habe mehrere Röhren, die einen gleichen Querschnitt zu erkennen gaben, mit einem scharfen Faden-Mikroskope untersucht, und gewöhnlich eine merklich elliptische Form der Oeffnung wahrgenommen. Wenn man daher mit feinen Glasröhren sichere Messungen anstellen will, so bleibt wohl nur übrig, nach der Beobachtung an derjenigen Stelle, wo die Oberfläche die Wände berührt hat, die Röhre zu durchschneiden und mit Hülfe eines scharfen Mikroskopes den gröſsten und kleinsten Durchmesser der Oeffnung direct zu messen.

reits beschrieben habe. Die wichtigsten Theile desselben wurden indessen nicht nur von Neuem geprüft und gemessen, sondern auch, um eine gröfsere Abwechselung hervorzubringen, in verschiedenen Dimensionen dargestellt. Ich benutzte drei Paare Zwischen-Scheiben, die zwischen die Parallel-Scheiben geschoben, jedesmal einen verschiedenen Abstand der letztern bedingten. Die Dicke dieser Zwischen-Scheiben fand ich

$2a = 1{,}515$ Par. Lin.
$= 1{,}175$ - -
$= 0{,}720$ - -

Die Beobachtungen stellte ich, um soviel wie möglich dem Einflusse jener Veränderlichkeit der Oberfläche auszuweichen, und um dieselbe zugleich zu bemerken, in der Art an, dafs ich zuerst die dünnsten Scheiben einschob, alsdann die mittleren, ferner die stärksten, und nach einer geringen Zwischenzeit wieder die stärksten, die mittleren und zuletzt die dünnsten. Ich mufs aber bemerken, dafs die stärksten Zwischen-Scheiben für beide Beobachtungs-Reihen nicht unverändert im Apparate blieben, sondern vor der Wiederholung der Messung herausgenommen und neu eingestellt wurden. Bei Berechnung der Resultate wurde die erste Beobachtung mit der letzten, die zweite mit der fünften und die dritte mit der vierten verbunden, und aus dem jedesmaligen Mittel der Werth der Constante m hergeleitet.

Für *Brunnenwasser*, welches, wie erwähnt, bereits einige Stunden gestanden hatte, ergab sich die Erhebung der Oberfläche für

die dünnsten Zwischen-Scheiben	aus	2	Mess.	$h = 2{,}78$ Par. L.
- mittleren	- - -	3	-	$h = 1{,}51$ -
- stärksten	- - -	3	-	$h = 1{,}106$ -
- stärksten	- - -	4	-	$h = 1{,}03$ -
- mittleren	- - -	3	-	$h = 1{,}348$ -
- dünnsten	- - -	2	-	$h = 2{,}345$ -

Die Veränderung der Oberfläche ist dabei so auffallend,

dafs es fast überflüssig erscheint, darauf aufmerksam zu machen. Durch Verbindung der zusammengehörigen Beobachtungen erhält man die mittleren Werthe

für die dünnsten	Zwischen-Scheiben	$h=2,562$
- - mittleren	- -	$h=1,429$
- - stärksten	- -	$h=1,068$

Die entsprechenden Werthe von a sind

$a=0,360$ Par. Lin.
$a=0,5875$ - -
$a=0,7575$ - -

und hieraus ergeben sich die Werthe

$$m=0,949$$
$$m=0,907$$
$$m=0,917$$

also im Mittel

$$m=0,9243.$$

Die Spannung eines Streifens Oberfläche von der Breite einer Lin. ist sonach

$T=0,01059$ franz. Gramme.

Die Beobachtungen mit *gereinigtem Alkohol* ergaben

f. d dünnsten	Zwischen-Scheiben	aus 2 Mess.	$h=1,537$	P. L.
- mittleren	- -	- 2 -	$h=0,850$	-
- stärksten	- -	- 2 -	$h=0,617$	-
- stärksten	- -	- 3 -	$h=0,629$	-
- mittleren	- -	- 2 -	$h=0,850$	-
- dünnsten	- -	- 2 -	$h=1,543$	-

Es ergiebt sich hieraus, dafs die Spannung der Oberfläche des Alkohols weder eine Zunahme, noch Abnahme erfährt. Um mich hiervon ganz sicher zu überzeugen, liefs ich den Apparat, mit der Flüssigkeit gefüllt, drei Stunden hindurch stehen, und fand alsdann für die dünnsten und die mittleren Zwischen-Scheiben die Erhebungen

$h=1,535$
und $h=0,872$

also ungefähr übereinstimmend mit den obigen Werthen. Diese letzten Messungen waren indessen weniger scharf

als jene, weil soviel Alkohol verdunstet war, dafs der weit vorstehende Rand des Gefäfses die Berührung der Nadel nicht mehr ganz sicher erkennen liefs.

Die mittleren Werthe der zuerst angegebenen sechs Resultate sind

für die dünnsten Zwischen-Scheiben	$h = 1{,}540$	Par. Lin.
- - mittleren - -	$h = 0{,}850$	- -
- - stärksten - -	$h = 0{,}623$	- -

Hieraus folgt

$$m = 0{,}581$$
$$m = 0{,}564$$
$$m = 0{,}573$$
also im Mittel $m = 0{,}573$

und man findet

$$T = 0{,}00523 \text{ Gramme.}$$

Beim *Oliven-Oele* betrug die Erhebung der Oberfläche

f. d. dünnsten Zwischen-Scheiben nach	3 Mess.	$h = 1{,}987$	P. L.
- mittleren - - -	3 -	$h = 1{,}120$	-
- stärksten - - -	3 -	$h = 0{,}845$	-
- stärksten - - -	3 -	$h = 0{,}850$	-
- mittleren - - -	3 -	$h = 1{,}115$	-
- dünnsten - - -	3 -	$h = 1{,}979$	-

Durch Verbindung der entsprechenden Resultate findet man

für die dünnsten Zwischen-Scheiben	$h = 1{,}983$	Par. Lin.
- - mittleren - -	$h = 1{,}117$	- -
- - stärksten - -	$h = 0{,}847$	- -

Die entsprechenden Werthe von m sind

$$m = 0{,}741$$
$$m = 0{,}723$$
$$m = 0{,}747$$
also im Mittel $m = 0{,}737$

woraus sich ergiebt $T = 0{,}00771$ Gramme.

Das Oliven-Oel liefs eben so wenig wie der Alkohol eine Aenderung der Spannung bemerken.

II. Sodann untersuchte ich für dieselben Flüssigkeiten die Gröfse der Tropfen, welche an den Grundflächen kleiner Cylinder von verschiedenen Durchmessern sich bildeten. Diese Cylinder bestanden aus Messing, waren durchbohrt und wurden in eine Röhre eingeschoben, welche durch einen Hahn beliebig geschlossen werden konnte. Die Durchmesser der fünf Cylinder, welche ich bei den folgenden Beobachtungen benutzte, waren

0,511 Par. Lin.
0,695 - -
0,890 - -
1,214 - -
1,700 - -

Gröfser durften sie nicht seyn, weil sonst der obere Theil des anhängenden Tropfens vor dem Abfallen sich merklich zusammenzog, und alsdann der Umfang des Querschnittes, in welchem der Bruch erfolgte, nicht mehr mit Sicherheit ermittelt werden konnte. Die vier letzten Cylinder hatten die Höhe von etwa einer halben Linie, und schlossen sich oberhalb an dünnere Cylinder an: der erste dagegen, der nur eine sehr geringe Wandstärke hatte, mufste die volle Stärke in seiner ganzen Länge behalten. Die Folge davon war, dafs Flüssigkeiten, die das Messing stark netzen, sich bald bis zur stärkeren Röhre heraufzogen, und alsdann Tropfen bildeten, die nicht mehr an der Basis des feinen Cylinders hingen. Der schwächste Cylinder konnte aus diesem Grunde bei den Versuchen mit Alkohol und Olivenöl nicht benutzt werden.

Wenn ich für diese Beobachtungen die Voraussetzung einführte, das die Gewichte der abfallenden Tropfen unmittelbar die Festigkeit der zerrissenen cylindrischen Oberfläche bezeichnen, so ergab sich der Werth der Festigkeit oder T für diejenigen Tropfen am gröfsten, die von den kleinsten Cylindern abgefallen waren. Der Grund davon ist ohne Zweifel in der Einwirkung des zurückbleibenden Theiles der Flüssigkeit zu suchen, welcher gleichfalls den

anhängenden Tropfen belastet und zum Abreifsen desselben beiträgt.

Ich hatte früher angenommen, dieser zurückbleibende Theil sey der dritten Potenz des Durchmessers des Cylinders proportional. Die directe Messung der Höhe, die freilich keine Schärfe zuliefs, schien diese Annahme auch zu bestätigen. Indem aber dennoch bedeutende Abweichungen blieben, so versuchte ich die Voraussetzung einzuführen, dafs der Bruch in einer constanten Entfernung von der Basis des Cylinders erfolgt, oder das der zurückbleibende Theil dem Quadrate des Durchmessers proportional ist. Die Rechnung in dieser Art ergab indessen keine günstigeren Resultate. Die Summe der Quadrate der übrigbleibenden Fehler war im Allgemeinen sogar noch etwas gröfser geworden, woher die erste Voraussetzung als die wahrscheinlichere gewählt werden mufste.

Wenn ich auf diese Art für jede der erwähnten Flüssigkeiten die Rechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate führte; so ergab es sich, dafs der zurückbleibende Theil der Flüssigkeit ungefähr eine Halbkugel ist, welche den Halbmesser der Röhre zum Radius hat. Eine befriedigende Uebereinstimmung wurde indessen hierdurch noch immer nicht erreicht, wiewohl die einzelnen Beobachtungen bei mehrfacher Wiederholung immer sehr genau dieselben Resultate ergaben. Die mechanischen Verhältnisse, welche die Tropfenbildung bedingen, sind daher keineswegs als hinreichend aufgeklärt anzusehn, vielmehr mufs man annehmen, dafs die ganze Erscheinung durch die eingeführte einfache Voraussetzung noch nicht vollständig umfafst wird.

Aus diesem Grunde erscheint es überflüssig, die einzelnen Messungen speciell nachzuweisen, und ich begnüge mich, die Hauptresultate mitzutheilen. Aus allen hieher gehörigen Messungen ergab sich

für Wasser $T = 0{,}0133$ Gramme
für Alkohol $T = 0{,}00435$ -
für Oliven-Oel $T = 0{,}00591$ -

Am meisten weicht die für das Wasser gefundene Spannung von dem früheren Resultate ab, und zwar ist sie nahe um den dritten Theil gröfser. Dieser Unterschied dürfte sich wohl dadurch erklären, dafs die Oberfläche jedes Tropfens sich neu bildet, und sonach in Uebereinstimmung mit allen andern Beobachtungen viel fester ist, als die ältere Oberfläche, welche man zwischen Parallel-Scheiben mifst. Für Alkohol und Oliven-Oel hat dagegen die Beobachtung der Tropfen zu merklich geringeren Werthen von T geführt, als früher gefunden wurden.

III. Ich habe, wie schon im Eingange erwähnt ist, noch auf einem andern Wege die Spannung der Oberfläche der Flüssigkeiten zu ermitteln versucht. Es ist bekannt, dafs eine Planscheibe, die von einer Flüssigkeit benetzt wird, an der Oberfläche derselben mit einer sehr bemerkbaren Kraft haftet und nur durch einen bedeutenden Zug abgerissen werden kann.

Wenn die Flüssigkeit, deren Adhäsion man messen will, nur eine dünne Schicht zwischen zwei Plan-Scheiben bildet; so stellt sich die Adhäsion oft überraschend grofs dar. Die Resultate, welche man bei der Wiederholung desselben Versuches erhält, pflegen freilich sehr verschieden auszufallen; man überzeugt sich jedoch leicht, dafs die Adhäsion im Allgemeinen um so gröfser wird, je dünner die Zwischenschicht der Flüssigkeit ist, und je mehr Zähigkeit dieselbe besitzt. Dieses erklärt sich wohl dadurch, dafs beide Umstände die Anfüllung des innern Raumes beim Beginnen der Trennung der Scheiben sehr erschweren.

Die Abweichungen zwischen den einzelnen Messungen vermindern sich schon bedeutend, wenn die Flüssigkeit in gröfserer Menge sich in einem Gefäfse befindet, und man die Kraft mifst, welche erforderlich ist, um eine horizontal aufgehängte Plan-Scheibe davon abzureifsen. Nichts desto weniger sind die in diesem Falle noch vorkommenden Unregelmäfsigkeiten gleichfalls sehr störend. Sie rühren vielleicht davon her, dafs die Erschütterungen, die beim

Auflegen der Gewichte auf die andere Schale der Wage nicht zu vermeiden sind, das Abreifsen bald früher bald später bewirken; auch bemerkt man, dafs die Plan-Scheibe ihre horizontale Lage nicht immer behält, sondern sich leicht etwas neigt, und alsdann schon durch eine viel geringere Kraft abgerissen wird. Die Erschütterungen kann man vermeiden, wenn die allmälige Vergröfserung des Gegengewichtes durch ein sehr schwaches Zufliefsen von Wasser an einem Faden, der wie ein Heber wirkt, erfolgt. Man kann dabei auch leicht die Anordnung treffen, dafs der Faden sich augenblicklich von der Waagschale löst, und sonach der fernere Zuflufs aufhört, sobald die Scheibe abreifst und die Schale herabsinkt. Nichts desto weniger ist die Erscheinung, welche man beim Abreifsen der Scheibe beobachtet, so complicirt, dafs man sie weder mit dem Calcul leicht verfolgen, noch auch in allen Theilen wahrnehmen und messen kann.

Eine solche an der Oberfläche einer Flüssigkeit haftende Scheibe erhebt sich nämlich bei verstärktem Zuge oft zwei Linien hoch, ehe sie abgerissen wird. Dabei zieht sich die anhängende Flüssigkeit in gleicher Weise, wie ich früher bei Gelegenheit der Tropfenbildung erwähnt habe, im obern Theile stark zusammen. Veranlassung dazu giebt wieder die Spannung der Oberfläche, welche in horizontaler Richtung eben so wirksam ist, als in verticaler. Wenn endlich das Abreifsen erfolgt, so geschieht dieses in dem am stärksten eingezogenen oder im kleinsten Querschnitte, dessen Gröfse und Umfang man nicht messen kann, weil er in demselben Momente, wo er sich bildet, auch zerreifst.

Viel einfacher werden die Verhältnisse, wenn man nicht sowohl den Zug ermittelt, welcher das *Abreifsen* verursacht, als vielmehr denjenigen, welcher die Scheibe soweit *hebt*, dafs der abgebogene Rand der Flüssigkeit sich lothrecht an den Umfang der Scheibe anschliefst. Das Profil der anhängenden Masse läfst schon ziemlich sicher beurtheilen, ob die letzte Bedingung erfüllt sey, doch ist dabei eine Täuschung in sofern noch möglich, als Flüssigkeiten,

die stark netzen, sich an der cylindrischen Seitenwand der Scheibe hinaufziehen, und alsdann schon, während die Scheibe noch in die Flüssigkeit eintaucht, im Profile eine Curve zeigen, welche oben in die lothrechte Richtung übergeht. Eine auffallende Licht-Erscheinung giebt hierbei wieder Gelegenheit, die Höhe der Scheibe sicherer zu beurtheilen. Wenn man nämlich eine durchsichtige Flüssigkeit anwendet, und dieselbe das Gefäfs so vollständig füllt, dafs man über die Seitenwand hinwegsehen kann, auch ein erleuchteter Gegenstand in horizontaler Richtung sich dahinter befindet, so dringt das Licht nicht früher unter der Scheibe durch die anhängende Flüssigkeit hindurch, bis die Seitenfläche der letztern sich an den *unteren Rand* der Scheibe anschliefst. Wenn man auf diese Licht-Erscheinung und zugleich auf das Profil der gekrümmten Oberfläche aufmerksam ist, so wird man bei mehrfacher Wiederholung der Beobachtung sich leicht von der Sicherheit der Messung überzeugen.

Wenn die Scheibe in der angegebenen Höhe über dem Horizont der freien Oberfläche schwebt, so wird sie theils durch das Gewicht der daran haftenden Masse der Flüssigkeit, und theils durch die Spannung der Oberfläche herabgezogen. Letztere findet in dem Umfange der Scheibe statt und ist eben so wie das Gewicht vertical abwärts gerichtet. Sobald aber die Oberfläche der Flüssigkeit sich vertical an den Umfang der Scheibe anschliefst, so ist der gesammte Zug, den die Spannung ausübt, gleich dem Producte der relativen Spannung (oder T) in den Umfang der Scheibe.

Es entsteht hierbei die Frage, wie grofs das Gewicht der anhängenden Flüssigkeit sey, oder wie hoch dieselbe sich erhebe, während die gestellte Bedingung erfüllt wird. Bei kreisförmigen Scheiben, die jedenfalls wohl am bequemsten sind, bildet der umgebogene Rand der Flüssigkeit eine kegelförmige Oberfläche, die an der Basis asymptotisch in die Ebene der freien Oberfläche, und oben mit scharfer Krümmung in die senkrechte cylindrische Fläche

übergeht, welche die Scheibe einschliefst. Die Bedingungs-Gleichung dieser Oberfläche von doppelter Krümmung kann man in derselben Weise, wie für die Oberfläche im Haarröhrchen leicht angeben. Bezeichnet y wieder die Höhe eines Punktes in dieser Fläche über dem Horizont der freien Oberfläche, und ϱ und ϱ' die zugehörigen beiden Krümmungs-Halbmesser; so ist

$$y = m\left(\frac{1}{\varrho} - \frac{1}{\varrho'}\right)$$

Im vorliegenden Falle ist ϱ' der Halbmesser der Planscheibe und ϱ der Halbmesser für die stärkste Krümmung der Erzeugungs-Curve, welche durch ihre Umdrehung um die Axe der Scheibe die gekrümmte Oberfläche bildet. Man überzeugt sich auch leicht, dafs beide Krümmungs-Halbmesser in einer geraden Linie liegen und sich in der gesuchten Oberfläche berühren, woher der eine positiv und der andere negativ ist. Die weitere Behandlung dieser Gleichung ist indessen nicht leicht, woher ich versucht habe, auf anderm Wege zum Resultate zu gelangen.

Sehr einfach stellen sich die Verhältnisse dar, wenn man die Voraussetzung einführt, dafs die erzeugenden Curven, welche bei verschiedenen Scheiben die Profile der umgebogenen Ränder der Flüssigkeiten darstellen, unter einander ähnlich sind, oder dafs (worauf es hier allein ankommt) die zu ihren obern Enden gehörigen Krümmungs-Halbmesser in constantem Verhältnisse zu den Ordinaten dieser Endpunkte, das heifst zu den jedesmaligen Entfernungen der Scheiben von dem Horizonte der freien Oberfläche der Flüssigkeit stehen. Nenne ich diese Entfernungen H, die Halbmesser der Scheiben r, so verwandelt sich jene Bedingungs-Gleichung, und zwar auf die obere Gränze der Fläche bezogen, in

$$H = m\left(\frac{1}{cH} - \frac{1}{r}\right)$$

Der Factor c ist nach der Annahme gleich $\frac{1}{2}$, denn diesen Werth hat er, wie früher gezeigt, in dem Falle, dafs der

Umfang der Scheibe eine gerade Linie, oder r unendlich grofs ist. Man erhält demnach die Gleichung

$$H^2 + \frac{m}{r} H = 2m.$$

Die eingeführte Voraussetzung ist indessen keineswegs unzweifelhaft, und bedarf daher der Begründung. Zu diesem Zwecke mafs ich bei verschiedenen kreisförmigen Scheiben die Höhen, zu welchen frisches Brunnenwasser in der Art anstieg, dafs die gekrümmte Oberfläche jedesmal neben dem untern Rande der Scheibe in die cylindrische Fläche überging. Ich fand

für $r = 6{,}93$	Par. Lin.	$H = 1{,}31$
- $r = 0{,}86$	- -	$H = 1{,}04$
- $r = 0{,}58$	- -	$H = 0{,}76$
- $r = 0{,}05$	- -	$H = 0{,}06$

Die letzte Scheibe war nichts anderes als die feine Spitze einer Nadel.

Unter Zugrundelegung des früher mitgetheilten Werthes von m für frisches Brunnenwasser, nämlich

$$m = 0{,}924$$

ergiebt die vorstehende Formel für die gemessenen vier Werthe von r

$H = 1{,}295$	Par. Linien
$H = 0{,}925$	- -
$H = 0{,}775$	- -
$H = 0{,}050$	- -

also so genau übereinstimmend, wie die Unsicherheit in der Messung von H nur erwarten läfst. Ich mufs aber bemerken, dafs ich zu diesen Versuchen das frische Wasser deshalb gewählt habe, um möglichst grofse Werthe von H zu erhalten, weil sonst die Messungen noch weniger genau ausgefallen wären.

Die Kraft, womit die Scheibe unterstützt werden mufs, oder womit sie herabgezogen wird, setzt sich (von ihrem eignen Gewichte abgesehen) aus dem hydrostatischen Drucke der an der Basis haftenden Masse und aus der Spannung

der in den Cylinder übergehenden Oberfläche zusammen. Das Gewicht der unter dem umgebogenen Rande der Oberfläche hängenden Flüssigkeit ist hierbei ohne Einfluſs, da dasselbe schon in der Spannung der Oberfläche seine Unterstützung findet. Hiernach stellt sich der Ausdruck für den erforderlichen Zug sehr einfach dar, nämlich

$$G = Hr^2 \pi \varkappa + 2 r \pi T$$

wobei $\varkappa$ das Gewicht einer Cubiklinie der Flüssigkeit bezeichnet.

Die Benutzung etwas gröſserer Scheiben, deren Durchmesser wenigstens einen Zoll beträgt, ist bequemer und gewährt zugleich mehr Sicherheit, als wenn man mit sehr kleinen Scheiben operirt. In beiden Fällen ist das erste Glied dieses Ausdruckes schon überwiegend groſs gegen das zweite, und die Sicherheit in der Bestimmung von T vermindert sich noch wesentlich dadurch, daſs die kleinen unvermeidlichen Irrthümer in Betreff der Bestimmung von H einen entscheidenden Einfluſs auf das Resultat erhalten. Das Gewicht der an der Scheibe hängenden Flüssigkeiten läſst sich indessen sehr bedeutend vermindern, wenn man den mittleren Theil entfernt, oder die Scheibe in einen Ring verwandelt. Man erhält alsdann zugleich eine zweite, oder eine innere Oberfläche der Flüssigkeit, die in gleicher Weise wie die äuſsere gespannt ist. Hiernach verringert sich also der Werth des ersten Gliedes sehr bedeutend, während der des zweiten sich nahe verdoppelt. Die Spannung T kann also in dieser Art mit groſser Sicherheit beobachtet werden.

Ich versuchte verschiedene Ringe, die theils aus dem sehr festen und harzigen Guajak-Holz, theils aus Elfenbein gedreht waren. Am bequemsten fand ich einen aus Guajak bestehenden von 13,86 Par. Lin. äuſserem Durchmesser und 1,64 Lin. Wandstärke. Feinere Ringe gaben weniger Sicherheit, und bei einem aus Elfenbein gedrehten, der nur 0,13 Par. Lin. Wandstärke hatte, miſsriethen die meisten Beobachtungen, indem der Gewichts-Verlust beim Eintauchen desselben in die Flüssigkeit so geringe war,

dafs die Spannung der Oberfläche ihn gleich bei der ersten Berührung tief herabzog, so dafs er ganz benetzt wurde und sonach sein Gewicht sich bedeutend vergröfserte.

Die Messung geschah in der Art, dafs der Ring an den einen Arm einer empfindlichen Waage gehängt und mit der Schale am andern Arme ins Gleichgewicht gebracht wurde. Alsdann wurde das Gefäfs mit der Flüssigkeit nahe darunter gestellt und der Ring so tief gesenkt, dafs die Berührung erfolgte, worauf er sogleich an der Flüssigkeit haftete. Durch vorsichtige Beschwerung der Waagschale konnte man sehr bequem den Ring soweit heben, dafs die Oberfläche der Flüssigkeit in der oben bezeichneten Weise sich daran anschlofs, und die Beobachtung wurde keineswegs vereitelt, wenn zufälliger Weise auch ein etwas zu schweres Gewicht aufgelegt wurde, denn der Ring rifs alsdann noch nicht von der Flüssigkeit ab, sondern er hob sich nur soweit, dafs das Profil eine Einbiegung unter dem Ringe bemerken liefs. Man konnte sonach mit aller Ruhe dasjenige Gewicht ermitteln, welches der gestellten Bedingung vollständig entsprach. Dabei war es jedoch nothwendig, dafs Gefäfs mit der Flüssigkeit auf eine bewegliche Unterlage zu stellen, die durch eine Schraubenvorrichtung beliebig, und zwar sanft gehoben und gesenkt werden konnte, um den Waagbalken beständig in horizontaler Lage zu erhalten. Endlich bemerke ich noch, dafs der cylindrische Raum im Innern des Ringes an der obern Seite mit der äufsern Luft in Verbindung stand, damit die Bildung der gekrümmten Oberfläche an der innern Seite nicht etwa durch den Luftdruck gestört würde. Bei mehrfacher Wiederholung desselben Versuches mit dem erwähnten Ringe stimmten die aufgelegten Gewichte jedesmal bis auf wenige Milligramme unter einander überein, wenn nicht etwa, wie beim Wasser, die Spannung der Oberfläche sich veränderte.

Nach dreimaligem Abwiegen fand ich die mittleren Werthe der aufgelegten Gewichte:

bei Wasser, das einige Stunden gestanden hatte $G = 1{,}809$ Gr.
bei Alkohol . . . . $G = 1{,}006$ -
bei Oliven-Oel . . . . $G = 1{,}391$ -
bei frischem Wasser . . . . $G = 1{,}912$ -
Es gab sich daher auch bei dieser Beobachtungs-Art die Abnahme der Spannung in der Oberfläche des Wassers wieder zu erkennen. Aus den vorstehenden Gewichten findet man

für nicht frisches Wasser $T = 0{,}01078$ Gramme
für Alkohol . . . . . $T = 0{,}00528$ -
für Oliven-Oel . . . . $T = 0{,}00770$ -
für frisches Wasser . . $T = 0{,}01216$ -

Die Uebereinstimmung dieser Resultate mit denjenigen, welche aus der Erhebung der Flüssigkeiten zwischen Parallel-Scheiben oder aus der eigentlichen Capillar-Erscheinung hergeleitet sind, läfst nichts zu wünschen übrig, und hierdurch bestätigt sich vollständig die Annahme, dafs die Spannung der Oberfläche, die man im letzten Falle unmittelbar gemessen hat, auch die alleinige Ursache der Capillar-Erscheinung ist.

Die Anwendung des bereits erwähnten sehr dünnen Ringes aus Elfenbein gab noch zu einer interessanten Schlufsfolge Veranlassung. Die damit angestellten Messungen hatten, wenn sie glückten, zwar keineswegs dieselbe Schärfe als diejenigen, die ich benutzt habe; nichts desto weniger ergaben die daraus hergeleiteten Werthe für T sich dennoch nicht wesentlich verschieden von den früher gefundenen, und namentlich war nicht zu bemerken, dafs sie auffallend kleiner sich herausstellten. Hieraus folgt, dafs die gespannte Oberfläche, oder diejenige Schicht der Flüssigkeit, in welcher die einzelnen Wassertheilchen näher zusammengerückt sind, nicht dicker seyn kann, als ein Sechszehntheil Par. Lin., denn entgegengesetzten Falles würden die beiden Oberflächen schon theilweise zusammenfallen, und sonach nicht mehr die volle Spannung ausüben, woher der Werth von T nach diesen Messungen kleiner bleiben müfste.

End-

Endlich theile ich noch einige Beobachtungen mit, die sich auf andere Flüssigkeiten beziehen.

Um die Spannung in der Oberfläche des *Quecksilbers* zu finden, sah ich mich gezwungen, feine Glasröhren anzuwenden, indem die Apparate, die ich sonst benutzt hatte, hierzu nicht eingerichtet waren. An zwei Röhren, deren Durchmesser ich gleich

0,813 und 0,928 Pariser Linien

fand, waren offene Schalen von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser angeblasen und die Röhren aufserdem heberförmig gebogen, so dafs jedesmal der andere Schenkel sich unmittelbar neben der Schale aufwärts erhob. Die Röhren wurden auf einer Platte, die sich sehr sanft und horizontal verschieben liefs (auf dem Support einer Drehbank) senkrecht aufgestellt, und die Schale mit Quecksilber gefüllt. Der früher beschriebene Apparat mit der abwärts gerichteten Nadelspitze wurde alsdann abwechselnd mit der freien Oberfläche in der Schale in Berührung gebracht und neben dem Schenkel der Röhre bis zum Quecksilberfaden herabgelassen. Die Depressionen fand ich hiernach gleich

2,45 und 2,05 Par. Lin.

Die daraus hergeleiteten Werthe von m sind

0,538 und 0,514

also im Mittel

$$m = 0{,}526$$

woraus man mit Rücksicht auf das spec. Gewicht des benutzten Quecksilbers ($= 13{,}57$) die Spannung in der Oberfläche, oder

$$T = 0{,}0818 \text{ Gramme}$$

findet.

Aufserdem liefs ich Quecksilber durch einen engen gläsernen Heber von 0,588 Linien Durchmesser abfliefsen, und hob denselben so hoch, dafs die Strömung möglichst schwach wurde, und nur einzelne Tropfen abfielen. Ich fing dreimal nach einander zehn Tropfen auf, und wog dieselben. Es ergab sich daraus das Gewicht eines Tropfens sehr übereinstimmend gleich 0,171 Gramme. Indem diese Messung

keine Gelegenheit bot, die Gröfse des etwa zurückbleibenden Theiles des Tropfens zu ermitteln; so mufste die Voraussetzung gemacht werden, dafs jedesmal die ganze drückende Masse abgefallen sey. Hieraus ergab sich

$$T = 0{,}0928 \text{ Gramme}$$

also etwa um den achten Theil gröfser als nach der ersten Messung. Beide Messungen deuteten übrigens darauf hin, dafs beim Quecksilber in ähnlicher Art wie beim Wasser die Spannung der Oberfläche nach und nach geringer wird.

Ferner bildete ich durch verschiedene Zusätze von Stärke und Gummi Arabicum, die ich in siedendes Wasser that, einen mehr oder weniger *zähen Schleim*, und mafs nach dem Erkalten die Erhebung der Oberfläche zwischen den Parallel-Scheiben. Es ergab sich daraus aber keine merkliche Veränderung des Werthes von T, vielmehr blieb dieselbe durchschnittlich gleich 0,0117, also ungefähr eben so grofs, wie bei reinem Wasser.

Ich nahm endlich destillirtes Wasser und setzte demselben etwas *Seifenlauge* zu, indem ich vermuthete, dafs die Spannung der Oberfläche dadurch bedeutend vergröfsert werden würde, und hierin die Ursache der Festigkeit des Seifenschaumes und der Seifenblasen zu suchen wäre. Ich hatte mich indessen getäuscht, denn der Werth von T war vor dem Zusatze der Lauge gleich 0,0125, nachher aber nur 0,0084, also nahe um den dritten Theil kleiner. Dabei mufs ich noch erwähnen, dafs Wasser, welches einige Zeit hindurch in einem Gefäfse von Eichenholz gestanden hat, gleichfalls einen auffallend geringern Werth von T ergiebt, als solches, welches eben so lange in einem Glase aufbewahrt ist.

Wenn aus dem Verhalten der wenigen Flüssigkeiten, die ich untersucht habe, allgemeine Schlufsfolgen gezogen werden können, so dürften dieses folgende zwei seyn:

1. Der Grad der Flüssigkeit ist ohne Einflufs auf die Festigkeit der Oberfläche.

2. Die Festigkeit der Oberfläche, oder der Werth von T, ist um so gröfser, je weniger die Flüssigkeit an andern Körpern haftet, oder dieselbe benetzt. Für Quecksilber ergab sich der Werth von T etwa achtmal so grofs, als für Wasser, für Oliven-Oel war er dagegen kleiner und für Alkohol noch kleiner. Alkohol netzt aber stärker als Oel: wenn man auf eine mit Oel bestrichene Platte Alkohol giefst, so zieht sich dieser, obgleich er specifisch leichter als Oel ist, unter dem Oele fort und entfernt dasselbe. Dafs Wasser weniger als Oel und Alkohol, und Quecksilber noch viel weniger netzt, bedarf keines weiteren Beweises. Aber selbst das Wasser scheint, wenn es ganz frisch ist, weniger zu netzen, als später. Auf frischem Wasser sieht man nämlich oft einzelne kleine Tröpfchen einige Secunden lang liegen, was auf einer ältern Oberfläche niemals geschieht.

II. *Beiträge zur Vervollkommnung des magneto-elektrischen Rotations-Apparates; mit Bezug auf ähnliche Beiträge des Hrn. Dr. Sinsteden*[1]*; von E. Stöhrer.*

Im Jahre 1843 construirte ich die erste aus mehreren Stahlmagneten zusammengesetzte magneto-elektrische Maschine, deren Leistungen und Zusammensetzung ich in diesen Annalen beschrieb. Auch berechnete damals Hr. Prof. W. Weber hier durch Versuche die Stromstärke dieser ersten Maschine. Wenn Hr. Dr. Sinsteden die Leistung dieser dreifachen Maschine mit der seines einfachen grofsen Apparates vergleicht, so befindet er sich allerdings im Vortheil, aber er hätte wohl nöthig gehabt, sich von der Leistung der *jetzt* von mir gelieferten Apparate in Kenntnifs

1) Siehe diese Ann. Bd. 76. S. 29 und 195.

zu setzen, überhaupt mit meinem Apparate zu experimentiren, was er gar nicht gethan zu haben scheint, um einen kritischen Vergleich anstellen zu können.

Wenn man von den Leistungen der magneto-elektrischen Maschinen vergleichend spricht, so sollte man einfach fragen: wie viel Pfunde magnetisirten Stahls sind dazu verwendet, um einen Inductionsstrom von gewisser Stärke hervorzubringen? In Bezug auf den Aufwand an Material würde diejenige Maschine die beste Construction haben, bei welcher obige Last die verhältnifsmäfsig kleinste ist. Welchen Zweck und welche diesem angepafste Constructionsweise die Maschine habe, das ist eine zweite Frage, auf welche ich weiter unten zurückkomme. Sämmtliche drei Magnete der Maschine von 1843 wogen 24 Pfund, der Magnet des Hrn. Dr. Sinsteden 27 Pfund; der Aufwand ist also bei der ersteren eigentlich geringer als bei der letzteren.

Als Glanzpunkt der Leistung stellt Hr. Dr. Sinsteden die Erregung eines Elektromagnetes hin; Zersetzung, physiologische Wirkung u. s. w. scheint weniger Beachtung zu finden. In den erwähnten Eigenschaften übertraf schon die damalige Maschine die seinige. Auf die Erregung eines starken Elektromagnetismus habe ich nie hingearbeitet, weil um dieses speciellen Zweckes willen nicht alle andern Rücksichten bei Seite gesetzt werden können, die bei einem Erreger für wissenschaftliche Zwecke beobachtet werden müssen.

Ich gestehe, dafs mich der starke Elektromagnetismus frappirte, den Hrn. Dr. Sinsteden mit seiner Maschine erzeugt hat. Sogleich machte ich mich daran, bei einer einfachen Maschine, deren Magnet 12 Pfund schwer ist, die Inductoren aus wenigen Windungen von 2 Millimeter starkem Draht zu construiren; ein mit der Maschine erregter Elektromagnet, von nicht günstigen Dimensionen, trug eine Last von 85 Pfund, und zwar *mit Beibehaltung meines Commutators.*

Bei Anwendung eines Magnetes, wie Hr. Dr. Sinsteden gethan hat, der 27 Pfund wiegt, würde also wohl

auch mit meinem Commutator ein ähnlicher starker Elektromagnet zu erregen seyn. Bei einem Versuch auf Wasserzersetzung lieferte diese Maschine in 98 Sekunden einen Cubikzoll gemischter Gase.

Hr. Dr. Sinsteden spricht die Hoffnung aus, den so stark magnetisirenden Strom zur Telegraphie zu benutzen. In Bezug auf den Erfolg meiner Arbeiten in dieser Beziehung, verweise ich auf den nachfolgenden Aufsatz, worin darüber Specielles gesagt ist. Durch einen Versuch mit der erwähnten einfachen Maschine nach Hr. Dr. Sinsteden's Angabe an einer sehr kurzen telegraphischen Leitung, fand sich, was ich befürchtete: nämlich der so stark magnetisirende Strom konnte nicht den *geringsten* Widerstand ertragen und vermochte selbst einen Zeichenapparat mit Spiralen aus starken Drähten nicht in Bewegung zu setzen, wenn er in eine Leitung von ½ Meile Länge eingeschaltet war.

Bei einer jetzt in Arbeit befindlichen Maschine mit drei Magneten, deren jeder 11 Pfund wiegt, werde ich ebenfalls starke Drähte zu den Inductoren anwenden, und hoffe einen entsprechenden Elektromagnet auf ansehnliche Tragkraft zu bringen, obgleich nur 6 Pfund mehr Stahl zu den drei Magneten verwendet sind, als zu dem einen Magnete der Sinsteden'sche Maschine.

Wenn Hr. Dr. Sinsteden das von mir aufgestellte Princip selbst als richtig anerkennt, dafs man mittelst Anwendung *mehrerer kleiner* Magnete, eine gröfsere Menge Magnetismus erzeugen kann, als durch *einen* grofsen von der Schwere der Summe der Gewichte der einzelnen kleinen, so glaubt er dennoch durch die Wirkung seiner Maschine das Princip thatsächlich widerlegen zu können, kommt also mit sich selbst gleichsam in Widerspruch.

Die Leistungen der neuern dreifachen Maschinen übertreffen die derjenigen vom Jahr 1843 fast um das Doppelte, hinsichtlich der Wasserzersetzung, Glühung eines Platindraths u. s. w. Namentlich sind die Lichterscheinungen höchst glänzend, und durch die verschiedene Combination der

sechs Inductoren, zeigen dieselben dem Spannungsverhältnisse des Stroms entsprechende, verschiedene Eigenschaften.

Bei der Verbindung aller Drähte *neben einander* haben die Funken weniger Lichtstärke, besitzen aber die verbrennende Eigenschaft im hohen Grade. Die Stahlfedern, an deren Enden die Funken entstehen, verbrennen und umgeben sie mit einem lebhaften Strahlenkranze, und stark knisterndem Geräusche. Die Enden der Stahlfedern werden durch das beständige Abspringen der Funken so *gehärtet*, so dafs sie sich nicht mehr feilen lassen. Bei der *langen* Verbindung der Inductoren wird das Licht der Funken so weifs, dafs es das Auge blendet. Man kann in ziemlicher Entfernung noch die feinste Schrift lesen, und ein sehr grofses Zimmer wird davon hinreichend stark erleuchtet, so dafs man alle Gegenstände deutlich erkennt. Trocknes Papier, sogar Holzspäne entzünden sich unmittelbar an den Funken. Obgleich bei mäfsiger Umdrehung schon die Funken als constante Lichtpunkte erscheinen, so ist doch diese elektrische Beleuchtung eigentlich intermittirend, und zwar in der Weise, dafs bei jeder Umdrehung der Inductorenrolle *sechs* Lichtimpulse entstehen und plötzlich verschwinden. Ich habe diese Eigenschaft benutzt, um skroboskopische Scheiben damit zu beleuchten, die mit der Maschine in Verbindung gesetzt, gleichzeitig rotiren und die scheinbaren Bewegungen der Figuren sämmlichen Beobachtern zu gleicher Zeit zeigen. Bei schneller Bewegung verschwinden die Ränder der schwarzen Figuren und erhalten eine *farbige* Umgebung; bei fortgesetzter Beschleunigung nehmen die Farben immer mehr überhand, bis endlich alles Schwarze verschwindet und sich in ein undeutliches Farbengemisch auflöst.

Mit Holzkohle entwickelt der Strom ein sehr lebhaftes, kaum erträgliches Licht, welches bei einer Messung durch Schattenvergleichung, demjenigen einer der besten Uhrlampen gleichkam.

Die Wasserzersetzung ist ebenfalls sehr lebhaft und es wurden in 92 Sekunden 3 Cub. Zoll gemischter Gase erhal-

ten, also weit mehr als das Doppelte der Sinsteden'schen Maschine.

Die Erschütterungen des Körpers durch den Strom der langen Verbindung sind, selbst wenn alle Anker mit der breiten Seite aufgelegt werden, noch so stark, dafs sie von Niemand auch nur einige Sekunden lang ertragen werden können.

In wie weit die letzterwähnten Eigenschaften des Stroms, durch die Wahl sehr starker Inductionsdrähte, welche freilich dem Elektromagnetismus sehr günstig sind, beeinträchtigt werden, wird sich zeigen, und diejenige Anordnung jedenfalls den Vorzug verdienen, welche sich zu den meisten wissenschaftlichen Zwecken benutzen läfst.

Um von verschiedenen Einrichtungen von *Commutatoren* für magneto-elektrische Maschinen einen richtigen Begriff zu erhalten, so glaube ich, es wird hier der Ort seyn, sich darüber ins Klare zu setzen, welche *Richtung* und *Stärke* die in den Spiralen der gewöhnlichen magneto-elektrischen Maschinen mit *einem* Magnet und zwei Inductoren erzeugten Ströme denn eigentlich für *jede Stelle* der Rotation besitzen, besonders da über diesen wichtigen Punkt, bei früheren Mittheilungen über diese Apparate, auch von andern Experimentatoren, nichts Genaues angegeben worden ist.

Fig. 1. Taf. II. zeige in den Recktecken $abb'a'$ und $cdd'c'$ die Vorderflächen der mittelsten Lamelle eines Hufeisen-Stahlmagnetes, also eines Nord- und Südpoles.

Die Rotation der Eisenkerne geschieht in dem Kreise $xfyg$. Die beiden Punkte f und g bezeichnen die Stelle der Rotation, wo der Magnetismus der Eisenkerne einen Moment Null ist, weil er hinsichtlich seiner Polarität wechselt. Die beiden Punkte x und y sind auch Nullpunkte, beziehen sich aber auf *entstehenden* und *verschwindenden* Magnetismus von *derselben* Polarität. Verfolgen wir die Rotationen eines Eisenkernes, der gerade vor dem Nordpole, also vor x stehe. Derselbe bewege sich in der Richtung nach f, so sieht man in der Figur $xb'fa'$ wie der inducirte

Südmagnetismus des Eisenkernes, wenn der letztere an der Kante der Lamelle $a'b'$ anlangt, am stärksten ist; die Basis des Dreiecks $b'fa'$, also die Linie $b'a'$ sey das Maaſs des von diesem Punkte der Rotation an verschwindenden Südmagnetismus des Eisenkernes, welcher sich vom Nordpol entfernt. Der Südmagnetismus nimmt nun, wie die Convergenz der beiden Bogen $b'f$ und $a'f$ ab, bis er an dem Punkte f Null wird. Sowie der Eisenkern über f hinaus, nach dem Südpol des Magnetes zu, also nach dem Mittelpunkte y, sich bewegt, entsteht inducirter Nordmagnetismus in demselben, für welchen das Dreieck $d'fc'$ gleichfalls wieder das Maaſs angiebt.

Die beiden Flächen $xb'fa'$ und $yd'fc'$ repräsentiren aber nicht nur das Maaſs der verschiedenen Magnetismen des Eisenkerns, sondern auch das Maaſs der Stärke eines in der Spirale, welche den Eisenkern umgiebt, entstehenden und verschwindenden Stromes. Der inducirte Strom aber hat, wie die Pfeile andeuten, nur *eine* Richtung, nämlich dieselbe bei Verschwinden des Südmagnetismus und Entstehen des Nordmagnetismus im Eisenkerne.

Bei der zweiten Hälfte der Umdrehung des Eisenkerns in der Richtung ygx wiederholt sich nun dasselbe, nur in umgekehrter Weise; es ist der Inductionsstrom daher auch in seiner *Richtung* dem Strome der untern Hälfte der Bewegung entgegengesetzt wie die Pfeile andeuten. Geradeso verhält es sich mit dem zweiten Eisenkerne, welcher dem ersten stets gegenüber steht, also dasselbe Maaſs des entgegengesetzten Magnetismus besitzt, der aber in Bezug auf das Entstehen und Verschwinden immer mit dem ersten Kern in gleichem Verhältniſs steht.

Man sieht, daſs die Induction eines Magnetes auf die rotirenden Eisenkerne dann ziemlich einfach ist, wenn die letzteren sich in einiger Entfernung von den Polen befinden. Complicirter aber sind die Erscheinungen, wenn der Eisenkern in der Nähe der Pole sich befindet, die durch ihre Form einen wesentlichen Einfluſs auf die Induction in Bezug auf deren Stärke und Bewegungsrichtung, d. h. Ent-

stehen und Verschwinden, ausüben mögen. Bei der Form des Rechteckes sehen wir, daſs wenn *x* den Nullpunkt bezeichnet, der inducirte Südmagnetismus des Eisenkernes in dem Theile *xz* wächst, bei *z* das Maximum erreicht, und dann abnimmt. Der Inductionsstrom muſs also in dem Theile *xz* der Bewegung, die entgegengesetzte Richtung haben, als von *z* nach *f*. Je nach der Form der Pole des Stahlmagnetes fallen daher die Inductionsströme während des Vorbeigehens der Eisenkerne vor den ersteren complicirter aus, als man beim ersten Anblick glaubt, und es dürfte nicht leicht seyn, eine Commutationsvorrichtung zu construiren, welche *ohne Verlust* den Strom in einen solchen verwandelt, der fortwährend nach *einer* Richtung läuft. Die einseitige und zum Theil falsche Ansicht des Hrn. Dr. Sinsteden über einen meiner Commutatoren für die dreifache Maschine nöthigt mich auf die verschiedenartigen von mir angewandten Vorrichtungen dieser Art, die eigentlich rein mechanischer Natur sind, hier näher einzugehen.

Hr. Dr. Sinsteden sagt von dem damals beschriebenen Commutator: er verfehle seinen Zweck dadurch, daſs der Strom auf eine Zeit lang durch die stählernen Halbkreisscheiben selbst, wenn beide dieselbe Schlitzfeder berühren, geschlossen, also von der ihm ausgesetzten weiteren Leitung abgesperrt werde. Aber es ist klar, daſs durch jede derartige Vorrichtung ein Theil des Stromes verloren geht. Bei dem Oertling'schen Commutator Fig. 2 haben die beiden mit den Spiralenden verbundenen Metallwalzen die Form von *a* und *b*, der schattirte Raum ist mit Horn ausgefüllt. Für den commutirten Strom sind die Schlitzfedern *c* und *d* angebracht, deren Berührungsstellen natürlich zu einander diametral liegen müssen; der Theil *x* muſs den unterbrochenen Cylinder *a* gerade in dem Moment verlassen, wenn *y* den Cylinder *b* berührt. Daſs dieſs *genau* nicht möglich ist, besonders da der Commutator mit Oel bestrichen wird, und ohne dieſs die Kanten des Metalls sehr bald durch Verbrennung die frühere Schärfe verlieren, wird Hr. Dr. Sinsteden zugeben müssen. Entwe-

der die Federarme berühren einen Moment beide Cylinder gleichzeitig, oder, wenn die isolirenden Einsätze gröſser als Halbkreise sind, so findet eine gänzliche Trennung der Kette statt. Beides wirkt schädlich und giebt Verlust. Man kann die Stahlsegmente des früher von mir beschriebenen Commutators ebenfalls so reguliren, daſs die Federn möglichst genau das eine Segment verlassen, wenn sie das folgende berühren.

Bei späteren einfachen Maschinen habe ich den Commutator Fig. 3. Taf. II. angewendet, der ganz dem von Hrn. Dr. Sinsteden angedeuteten gleicht, wenn man die Theile *a* und *b* nahe an einander schiebt. Die beiden unterbrochenen Cylinder *a* und *b* sind auf einen Cylinder von Elfenbein gekittet, und die geringen Zwischenräume zwischen den Kanten des Metalls mit Perlmutter ausgefüllt, was sich gegen die Verbrennung am haltbarsten gezeigt hat. Der Theil der Cylinder, auf welchem die Federn *c* und *d* schleifen, ist mit Platinblech belegt. Die Federn *c*, *d* sind nicht geschlitzt, sondern glatt, und von Kupferblech. *fg* zeigt eine solche Feder von der schmalen Kante gesehen. Vorn befindet sich ein Schräubchen *h*, vermittelst dessen ein Streifen dünnes Platinblech mit einer Unterlage von Leder, welche durch den schwarzen Strich angedeutet ist, an die Feder selbst geschraubt wird. Der Druck des Platinbleches auf die Walzen, wird durch die Lederunterlage ein sanft anschlieſsender, keine harte Reibung verursachender, das Platin wird dadurch fortwährend glatt erhalten, ohne sich abzunutzen. Alles Oelen fällt weg, was bei Reibung von Stahl auf Stahl nothwendig ist, und groſse Nachtheile herbeiführt, wenn das Oel dick wird. Bei telegraphischen Apparaten wende ich seit 1½ Jahren solche Commutatoren an und sie sind bei täglichem Gebrauch noch wie neu. Daſs mit dieser Einrichtung der möglichst gröſste Theil des Stromes benutzt wird, ist klar, denn wenn die Schnittflächen der Cylinder einander recht nahe gebracht sind, so berührt die Feder in demselben Augenblicke das

folgende Segment, wenn sie das vorhergehende verlassen hat.

Funken sind fast gar nicht sichtbar, und das war eigentlich der Hauptzweck, den ich damit erreichen wollte, wenn es mir daran lag, eine Commutationsvorrichtung zu erzielen, welche ohne Quecksilber und Oel möglichst lange Zeit unbeaufsichtigt ihre Dienste leisten sollte.

Für die dreifache Maschine ist derselbe Platincommutator in Fig. 4. Taf. II. ersichtlich. Jeder Cylinder hat drei Einschnitte, die Berührungsstellen der Federn liegen ebenfalls einander diametral gegenüber.

Vergleichende Experimente mit dem Stahlcommutator und dem Platincommutator hinsichtlich der Stärke und genau gleichlaufenden Richtung des commutirten Stromes haben bei Messungen mit der Weber'schen Tangentenbussole allerdings gezeigt, dafs der letztere den Vorzug verdient; bei den gewöhnlichen Wirkungen des Stromes auf Platindraht, Kohlenspitzen, Zersetzung, elektromagnetische Erregung, wo ein kleiner Unterschied nicht bemerkbar wird, zeigten beide fast dieselben Erscheinungen.

Für magneto-elektrische Apparate mit physiologischer Wirkung wende ich jetzt Commutatoren nach der Einrichtung von Fig. 5. Fig. II. an. Die unterbrochenen Walzen sind von Neusilber. Die Theile *a*, *a* stehen mit der Welle selbst und dem einen Ende der Spiralen in Verbindung, die Mittelwalze *b* ist durch ein Ebenholzrohr getrennt, und erhält durch ein in dieses Rohr gebohrtes Loch den Draht von dem andern Ende der Spiralen.

Das Ebenholz ist ein glatter Cylinder, ohne Vorsprünge, daher bleibt der Raum zwischen der Oberfläche der Neusilberwalzen, und derjenigen des Ebenholzes frei. Alle Commutatoren mit Ausfüllung dieser Theile durch irgend eine Substanz, müssen sehr oft gereinigt werden, denn in der Regel bildet sich eine Brücke von abgeriebenem Metall, welche besonders bei physiologischen Strömen schädlich wirken kann. Die Segmente überragen sich nicht, sondern müssen noch etwas unter der Gröfse des Halbkreises

seyn, weil durch die Elasticität der Federn die nächste Kante schon berührt wird, wenn dieselbe Feder die vorhergehende verläfst.

Die Schlitzfedern *c* und *d* sind von hartgelassener Uhrfeder, welche ohne Oel auf Neusilber eine geschmeidige Reibung giebt, und alle Theile rein erhält, was bei dem Gebrauche von Oel nicht leicht erzielt werden kann.

Die erwähnten Schlitzfedern geben einen *gleichgerichteten*, sogenannten *Trennungsstrom;* für einen *directen gleichgerichteten* Strom dienen die einarmigen Federn *e* und *f*, welche anstatt *c* und *d* eingesetzt werden.

Dieser practisch bewährte Commutator hat den Vorzug vor dem des Hrn. Dr. Sinsteden, dafs er beide Ströme *gleichgerichtet* giebt, während der erwähnte die Trennungsströme *nicht commutirt*, was für *medicinische* Zwecke untauglich ist, wenn man nicht die Ansicht vieler Aerzte theilt, welche die Anwendung der Elektricität zu Heilungen blofs als Reizmittel, *quasi* Senfteig und spanische Fliege, angesehen wissen wollen.

Dafs Hr. Dr. Sinsteden nicht die letztere Ansicht theilt, schliefse ich aus seiner Absicht, die *Trennungsströme* in der Medicin durch *directe* Ströme zu ersetzen.

Dasselbe habe ich schon mehreren Aerzten vorgeschlagen, da aber hierzu stärkere und kostspieligere Apparate nöthig sind, so ist bis jetzt eine wirkliche Anwendung noch nicht erfolgt.

Bei einer dreifachen Maschine mit Inductoren von feinem Drahte, wobei diese *hintereinander* verbunden worden sind, waren auch die directen Ströme, welche der Platincommutator sehr schön liefert, schon bei Anfassung der Handhaben, ohne Befeuchtung der Hände nicht zu ertragen. Die Arme werden durch die prickelnde Strömung krampfhaft nach einwärts gebogen, obgleich die Empfindung, welche man dabei hat, sich von der höchst unangenehmen Wirkung der Trennungsströme unterscheidet.

Dafs man überhaupt bei der dreifachen Maschine intensive Ströme weit stärker erzeugen kann, als bei der mit

einem grofsen Magnet, der ebenso viel Kraft besitzt, als die drei zusammen; geht daraus hervor, dafs man über sechs Inductoren, anstatt zwei zu verfügen hat, welche man *hintereinander* verbindet. Eine gleiche Menge von Draht zu beiden Maschinen verwendet, giebt bei sechs Eisenkernen eine weit gröfsere Zahl von Umwindungen als bei zweien, also bei entsprechendem Magnetismus auch einen stärkeren Strom.

Das Vorhandenseyn von sechs Inductionsrollen gewährt ferner die Bequemlichkeit, dafs man für intensive Ströme nicht besondere Spiralen mit feinen Drähten anzuwenden braucht. Man kann durch Stellung der früher beschriebenen Stromdeflexions-Vorrichtung, die einzelnen Spiralen auf vier verschiedene Weisen combiniren. Die Widerstände der verschiedenen Combinationen verhalten sich wie die Zahlen 1, 9, 18, 36. Die diesen Zahlen hinsichtlich ihrer Spannung angemessenen Ströme lassen eine vielseitige Anwendung zu technischen und wissenschaftlichen Zwecken zu. Wenn der Strom 36 ein lebhaftes Kohlenlicht mit Holzkohle erzeugt, so ist der Strom 18 oder 9 passender für Steinkohle, weil letztere weniger Widerstand leistet. Der Strom 36 zersetzt selbst destillirtes Wasser, was durch den Strom 18 nicht mehr möglich ist.

Für den Chemiker namentlich, der dem Strome Körper von so verschiedenem Leitungsvermögen aussetzt, ist es wichtig, dafs man über solche Ströme verfügen kann, welche ein *gewisses* Spannungsverhältnifs zu einander haben.

Der Strom 1 glüht und verbrennt Platindraht, dasselbe thut der Strom 9, nur etwas weniger intensiv. Dagegen glüht der feine Platindraht selbst noch dann, wenn ein Draht von 12000 Fufs, eine Linie stark, eingeschaltet wird.

Die Eisenkerne.

Hr. Dr. Sinsteden zieht die Drahtbündel den massiven Eisenkernen vor, ohne Näheres darüber zu sagen, ob er directe Versuche mit beiden Arten von Eisenkernen in gleichen Dimensionen unternommen habe.

Die Schwierigkeiten, welche die practische Anfertigung eines Drahtbündels, und die Befestigung desselben auf dem Anker hat, sind von Hrn. Dr. Sinsteden sehr sinnreich überwunden worden, nur ist die Verbindung der einzelnen Stäbchen durch bloſses Aufsitzen auf dem Quereisen nicht recht genügend, besonders da diese Verbindung durch zwischenflieſsenden Lack noch gestört werden kann.

Die Eigenschaft der Drahtbündel, in der elektrischen Spirale den Magnetismus schnell wechseln zu können, ist bekannt, ob dieselbe aber einen stärkern Elektromagnetismus zu erregen im Stande sind, als massive Eisenkerne von gleichem Durchmesser (wobei natürlich die leeren Zwischenräume der Drahtbündel mitzählen) darin widersprechen sich die verschiedenen Versuche. Ich habe über den letzten Punkt bei meinen Arbeiten über elektromagnetische Krafterzeugung eine groſse Menge von Experimenten angegestellt, und ziehe diesen zufolge massives Eisen von guter Qualität den Drahtbündeln vor.

Obgleich die magnetische Induction der Eisenkerne bei der magneto-elektrischen Maschine in ganz anderer Weise, nämlich durch das Gegenüberstellen von permanenten Magneten erzeugt wird, als bei dem Elektromagneten in der elektrischen Spirale, so sollte man doch vermuthen, daſs bei beiden Arten der Induction, die *Trägheit* des Eisens ein *gleiches* Hinderniſs entgegenstelle. Nicthsdestoweniger wächst mit der Geschwindigkeit der Umdrehung bei der magneto-elektrischen Maschine der Strom immer fort und fort; im Anfange natürlich verhältniſsmäſsig mehr als später, woran die Mangelhaftigkeit aller Commutations-Vorrichtungen einen groſsen Theil der Schuld trägt.

Bei der dreifachen Maschine kann man noch mit Bequemlichkeit einen Polwechsel der Eisenkerne hervorbringen, der 120 in der Sekunde beträgt, und bis dahin ist der Strom noch immer im Wachsen begriffen. Bekanntlich ist, bei einer solchen Geschwindigkeit des Polwechsels der Elektromagnete, die Trägheit des Eisens mit ähnlichen Dimensionen wie die Eisenkerne der magneto-elektrischen

Maschine schon so hinderlich, dafs nur ein äufserst geringer Magnetismus frei wird.

Hieraus scheint hervorzugehen, dafs die Trägheit des Eisens dem durch constante Magnete in demselben erzeugten Wechsel des inducirten Magnetismus *kein so grofses* Hindernifs entgegensetzt, wie sich diefs bei Elektromagneten zeigt.

Entscheidende Versuche über diese Erscheinungen anzustellen ist schwierig, einmal, weil die Beschaffenheit des Eisens zu den massiven Kernen sowohl wie zu den Drahtbündeln von grofsem Einflufs ist, anderntheils läfst sich der mehr oder weniger vollkommne Wechsel der Polarität des Eisens nur durch die secundäre Erscheinung nachweisen, welche dieser Wechsel erzeugt, nämlich durch die erregten Inductions-Ströme.

Die Stahlmagnete.

Um zuerst von dem Material zu reden, so findet man in Bezug auf die Qualität des zu Magneten zu verwendenden Stahles die verschiedensten Ansichten. Zu mittlern und grofsen Magneten wende ich einen Stahl an, der grobbrüchig und aderig ist. Die Härte desselben ist nicht so spröde wie die des englischen Stahls, sondern mehr federnder Natur. Die einzelnen Lamellen werden nach dem Härten in der Krümmung blau angelassen, die Schenkel hingegen nur bis zur dunkelgelben Farbe erweicht. Das nach dem Härten nöthige Geraderichten der Lamellen geschieht mit Vorsicht und Uebung durch einen sehr harten stählernen Spitzhammer, auf ähnlichem Ambos.

Bei kleinen Magneten ist es ziemlich gleich, ob man sie von diesem Federstahle, oder von englischem Stahle verfertige. Nadeln und kleine Stäbe kann man vortheilhaft von englischem Stahle fertigen, der bei gehöriger Härtung den Magnetismus sehr gut bindet.

Hr. Dr. Sinsteden erwähnt leider Nichts von der Stahlsorte, welche er zu seinen Magneten angewendet hat, ebenso wenig beschreibt er die Bearbeitung derselben, obgleich es

meiner Ansicht nach in Bezug auf die Coërcitivkraft des Magnets von grofsem Einflufs ist, welche Art von Stahl man anwendet, und wie die Härtung desselben geschieht.

Im Allgemeinen läfst sich annehmen, dafs, je härter man den Stahl anlassen kann, er desto besser und vollkommner den ertheilten Magnetismus behalte. Indessen wird es für jede Sorte von Stahl nur eine gewisse Härte geben, welche in Bezug auf das Annehmen und Behalten des ertheilten Magnetismus die beste ist.

Der Streichapparat, den ich anwende, ist ein Elektromagnet, welcher aus zwei Eisencylindern, jeder von $1\frac{1}{8}$ Zoll Durchmesser und 14 Zoll Länge, besteht. Die Cylinder sind beweglich für kleine und grofse Magnete eingerichtet, hinten mit einem Vorlegeeisen versehen. Jeder Stab trägt 62 Umwindungen vierkantigen Kupferdrahtes, von 24 Millimeter Querschnitt. Als Erreger dient ein Kohlencylinder von 13 Zoll Höhe $4\frac{1}{2}$ Zoll innerem Durchmesser, mit entsprechendem Zinkcylinder, welcher mit Thonzelle im Innern der Kohle steht. Die Wirkung eines solchen Elementes ist, beiläufig gesagt, so kräftig, dafs ein Platindraht von 1 Millimeter Durchmesser auf $2\frac{1}{2}$ Zoll Länge zum Weifsglühen gebracht wird.

Jede Lamelle wird einzeln durch den einfachen Strich von beiden Seiten mit aufliegendem Eisenanker gestrichen. Nach Beendigung eines jeden Striches unterbreche ich den Strom, nachdem vorher die Lamelle in eine Richtung gesetzt worden ist, in welcher sie den Axen des Elektromagnetes gegenüber liegt. Die Lamelle wird nun abgenommen und mit ihrem Anker behutsam auf die vorhergestrichene gelegt. Nachdem alle Lamellen mit den Ankern (welche zu diesem Zweck nicht so breit und stark sind, wie die später auf den Magnet gelegten) aufeinander gelegt sind, wird der Magnet zusammengeschraubt, und mit der Eisenmasse eine Zeitlang ruhig liegen gelassen. Das Abziehen der kleinen Anker geschieht erst dann, wenn der gröfsere Anker bereits auf die vordere Fläche gelegt worden ist. Nach mehreren Tagen, und am besten dann, wenn

die

die Magnete in der Maschine schon thätig gewesen sind, werden sie, in zusammengesetztem Zustande, ohne Anker, noch einmal an die Pole des Elektromagnets gesetzt. Der Strom wird nun 10—12 Mal unterbrochen und wiederhergestellt. Nach dem letzten Unterbrechen des Stromes wird ein starker Anker aufgelegt, und der Magnet von den Polen des Elektromagnetes langsam entfernt.

Wenn das Streichen der Lamellen richtig und mit Vorsicht bewirkt worden ist, so habe ich sogenannte Folgepunkte nie erhalten. Hr. Dr. Sinsteden verwirft das Streichen mit aufliegendem Eisenanker, indem er behauptet, dafs durch die Gegenwart des letzteren ein so grofser Magnetismus an den Polen angehäuft werde, welcher nach Abnahme des Ankers von der Coërcitivkraft des Stahles nicht erhalten werden könne. Diefs zugegeben, sehe ich aber nicht ein, weshalb bei dem *Abnehmen* des Ankers dieser *überschüssige Magnetismus zurückgetrieben*, und in der Mitte des Bogens angehäuft, gebunden werden soll.

Ich versuchte beide Streichmethoden, die mit und die ohne aufliegendem Anker, bei zwei gleichen Lamellen von 12 Zollen Schenkellänge. Beide blieben nach öfterem Abreifsen des Ankers gleich stark magnetisch. Bei der mit Anker gestrichenen Lamelle bemühte ich mich durch öfteres Abreifsen des Ankers den an den Polen übermäfsig angehäuften Magnetismus nach dem Bogen zurückzutreiben, um dadurch den Magnet zu schwächen oder Folgepunkte zu veranlassen. Mit einer aufgestellten Magnetnadel, in deren Nähe der Magnet in allen Richtungen vorüber geführt wurde, liefs sich kein Folgepunkt entdecken.

Das Entstehen von solchen Folgepunkten scheint überhaupt, wenn es nicht absichtlich durch das Magnetisiren hervorgerufen wird, mehr seinen Grund in der verschiedenen Härte des Stahls an verschiedenen Stellen der Lamelle zu haben, als Folge einer Einwirkung von Aufsen zu seyn. Sehr grofse, und namentlich sehr dicke Stahllamellen sind aufserordentlich schwer von durchaus gleicher Härte darzustellen, und wenn auch die äufsere Schicht des Stahls

durch das Ablöschen hart wird, so bleibt das Innere, wo die Abkühlung nicht schnell genug eintritt, immer noch weich, oder erhält wenigstens nicht an allen Stellen gleiche Härte. Dieser Umstand kann wohl auch sehr viel dazu beitragen, dafs grofse Magnete verhältnifsmäfsig weniger Magnetismus behalten als kleinere, bei denen die Härtung vollständiger den Stahl durchdrungen hat.

Ganz dieselbe Erscheinung, wie sie Hr. Dr. Sinsteden bei dem Zusammenlegen der einzelnen Lamellen eines zusammengesetzten Magnetes beobachtet hat, ist mir *schon* längst auch aufgefallen, und der Gegenstand vieler Versuche gewesen.

Die Schwächung einzelner, gleich stark magnetisirter Lamellen, nach der Zusammensetzung derselben, tritt ein in dem Augenblicke, wenn die angelegten Anker entfernt werden, und sämmtlicher Magnetismus frei wird.

Hr. Dr. Sinsteden erklärt diese Erscheinung, indem er sagt: „Legt man zwei, drei, vier magnetisirte Lamellen mit gleichnamigen Polen auf einander, so würde man dadurch den freien Magnetismus um zwei, drei, vier Mal vermehren, wenn man ebenso auch die Coërcitivkraft um zwei, drei, vier Mal vermehren könnte, damit wieder Gleichgewicht zwischen dem vermehrten freien Magnetismus an den Polen und der Coërcitivkraft bestehen bliebe". Wenn jede einzelne Lamelle im Gleichgewicht ihres erhaltenen Magnetismus zur Coërcitivkraft des Stahles steht, so geschieht durch das Zusammenlegen eine Addition der Magnetismen jeder einzelnen Lamelle. Die Coërcitivkraft wächst aber *relativ* in gleichem Verhältnifs mit der Anzahl der Lamellen, denn vier gleich grofse und schwere Lamellen haben auch vier Mal so viel Coërcitivkraft als jede einzelne. Das *absolute* Verhältnifs der Coërcitivkraft wird freilich in dem zusammengesetzten Magnete nicht vermehrt. Obige Erklärung erscheint mir daher nicht ganz genügend, um so mehr, da sich nach dem Auseinandernehmen eines gebrauchten Magnets ergiebt, dafs die verschiedenen Lamellen verschiedene Stärke des Magnetismus zeigen. Die

Schwächung tritt nicht nach einem *gewissen* Verhältnifs ein, sondern die stärkste Lamelle liegt oft in der Mitte, oft oben oder unten.

Erfahrungen, die ich bei dem Magnetisiren von mehr als 400 Magneten gesammelt habe, dienen als Unterlage zu der Behauptung, dafs diese gegenseitige Schwächung der zusammengelegten Lamellen gröfstentheils nur von dem verschiedenen Verhältnifs der Härte derselben abhängt, so wie sich dann annehmen läfst, dafs *Coërcitivkraft* und *Härte* des Stahles ziemlich identisch sind. Es ist mir bei einigen Magneten geglückt, die Härte der Lamellen möglichst gleichartig herzustellen, und bei diesen zeigte sich nach dem Auseinandernehmen, dafs sie alle fast *gleiche* Stärke besafsen. Auch nehmen solche Magnete einen sehr starken Magnetismus auf und behalten denselben für immer. Ein solcher Magnet von fünf Lamellen diente vier Jahre lang in einer Maschine zu meinem eignen Gebrauch. In der Regel wurde nach dem Gebrauch auf diesen Magnet nicht etwa ein Anker gelegt, sondern der Apparat blieb, manchmal umgeben von andern grofsen Magneten, ganz sich selbst überlassen stehen. Kürzlich nahm ich diesen Magnet ab und fand seine Kraft ungeschwächt erhalten, bei Untersuchung der einzelnen Lamellen fand sich die Härte derselben aber auch so gleichmäfsig, wie man selten das Glück hat sie zu erhalten.

Nie ist es vortheilhaft, Lamellen von verschiedener Stärke des Metalles mit einander zu verbinden, bei meinen Magneten sind daher alle von gleicher Dicke. Freilich tragen solche Magnet nie eine grofse Last; diefs ist aber auch ein Zweck, der weder in der Wissenschaft noch in der Praxis irgend einen Werth hat, am wenigsten sollte man nach dieser Leistung die Stärke des Magnetismus eines Magnets bemessen.

Das Resultat der von mir gesammelten Erfahrungen in Bezug auf die Construction von Stahlmagneten ist kurz folgendes:

1. Von dem Stahl, welchen man anwendet, suche man

durch Proben diejenige Härte, bei welcher der Magnetismus angenommen und behalten wird.

2. Alle Lamellen sind von möglichst gleicher *Form, Schwere* und *Härte* darzustellen.

3. Das Magnetisiren durch einen starken Elektromagnet geschieht entweder durch wenige einfache Striche jeder Lamelle, oder wenn man über hinreichenden Elektromagnetismus zu verfügen hat, durch bloſses Vorsetzen des ganzen Magnetes.

Man glaubte früher, bei zusammengesetzten Magneten sey es nothwendig, daſs die einzelnen Lamellen einander in allen Punkten möglichst genau berühren, ich habe aber gefunden, daſs je genauer die Metalltheile auf einander passen, desto stärker die gegenseitige Schwächung eintritt. Um letzteren Uebelstand zu mildern, habe ich zu telegraphischen Zwecken Magnete construirt, deren Seitenansicht in Fig. 8 Taf. II. gegeben ist. An den Polen liegen die Lamellen unmittelbar an einander, während in der Mitte des Bogens kurze Eisenstücke die Lamellen aus einander halten, die Zwischenräume bleiben leer, können des Ansehens wegen auch mit Holz ausgefüllt werden. Diese Magnete zeigten starken Magnetismus, der nach wiederholtem Auseinandernehmen und Zusammensetzen keine merkbare Schwächung erlitten hatte. Die Form der Vorderkanten, welche die Pole dieser Magnete haben, ist zum Anhängen eines Tragankers nicht tauglich, sonst hätte ich versucht, ob der zusammengesetzte Magnet die Summe der getragenen Lasten jeder einzelnen Lamelle, wirklich zu tragen im Stande ist.

Hr. Dr. Sinsteden hat bei seinen Versuchen die Beschaffenheit des Stahles ganz unberücksichtigt gelassen; er ist der Meinung, daſs der hohe Grad von Magnetismus nur von der Manipulation des Magnetisirens abhänge. Da mir als Praktiker so viel Gelegenheit geboten wird, bei der Bearbeitung des Stahles, und durch verschiedene Härtmethoden, Erfahrungen zu sammeln, so bin ich vielfach veranlaſst, wiederholt darauf hinzuweisen, daſs die *Coërcitivkraft* des Stahles nur dann ein Maximum erreicht, wenn

die *Härte* des Stahles die für magnetische *Erregung* passendste ist.

Der am Schlufs der Abhandlung des Hrn. Dr. Sinsteden wiederholte Tadel meiner dreifachen Maschine, und namentlich des Commutators derselben in Bezug auf Erregung eines Elektromagnetes, veranlafst mich auf den obenerwähnten Versuch zurückzuweisen, wo *ein einziger* Magnet von 12 Pfd. Schwere schon, und zwar *mit* dem von Hrn. Dr. Sinsteden getadelten Commutator, einen Elektromagnet von 85 Pfd. Tragkraft erregte. Mit dem Commutator Fig. 3. Taf. II. wird natürlich die Erregung eines Elektromagnetes noch besser gelingen. Andererseits zersetzte aber die erwähnte Maschine beinahe ebenso stark Wasser, als die grofse des Hrn. Dr. Sinsteden, deren Magnet 25 Pfd. wiegt, also mehr als doppelt so schwer ist.

Leider habe ich aus Mangel an Zeit es verabsäumt, über die spätern Vervollkommnungen und Leistungen meiner magneto-elektrischen Apparate in diesen Annalen zu berichten; sollte Hr. Dr. Sinsteden indessen sich wiederholt veranlafst sehen, eine kritische Vergleichung zwischen meinen und andern Instrumenten anzustellen, so möchte ich ihn bitten, zu einem solchen Vergleiche nicht das *erste* Instrument einer neuen Construction zu wählen, sondern sich vorher genau von der *weiteren* Vervollkommnung der betreffenden Apparate in Kenntnifs zu setzen.

III. *Ueber Anwendung der magneto-elektrischen Maschinen und constanten Säulen zur Elektrotelegraphie; von Emil Stöhrer.*

Es dürfte selbst für die Physiker von Fach nicht uninteressant seyn, von den mannigfachen praktischen Veränderungen etwas Näheres zu hören, welche constante Säu-

len erfahren haben, um sie zur praktischen Elektrotelegraphie tauglich zu machen. Man verlangt von einer solchen Säule in der That sehr viel, indem man einen constanten Strom nicht auf Wochen oder Monate, sondern auf Jahre, ohne Hand an dieselbe legen zu dürfen, fordert. Wie höchst lästig das Erneuern der Säuren, das Reinigen des Zinks u. s. w. ist, bedarf wohl keiner Erwähnung; und besonders an solchen Telegraphenlinien, wo eine Menge von Stationen eingeschaltet sind, also auch eben so viele Säulen gehalten werden müssen, mufs der Wunsch nach einer lange anhaltenden Elektricitäts-Quelle lebhaft auftreten.

Fast an jeder Linie wendet man anders construirte Säulen an. Die mangelhafteste ist wohl die sogenannte Daniell'sche Kette, ungeachtet ihrer übrigens trefflichen Eigenschaften. An einigen Telegraphenlinien wird dieselbe in ihrer gewöhnlichen Form angewendet, und man glaubt dort mit dem gewonnenen Kupfer eine Aequivalent für die übrigen Kosten zu erzielen, bedenkt aber nicht, dafs man lockeres Kupfer gewinnt, was ohnediefs noch sehr zinkhaltig ist.

Einen constanten und länger dauernden Strom geben die Säulen aus Platin und Zink zusammengesetzt. Verdünnte Schwefelsäure dient für beide Metalle als Erreger, das Zink mufs amalgamirt seyn. Eine solche Säule ist auf 6 Wochen stark genug zur Telegraphie und liefert einen sehr constanten Strom.

Die constanteste Säule, welche mir indessen bis jetzt vorgekommen ist, erhält man aus einer Zusammensetzung von Kohle mit nicht amalgamirtem Zink, wenn man als Flüssigkeit gesättigte Alaunlösung anwendet. Man kann entweder das Zink in eine Zelle stellen und zur Kohle, so wie zum Zink, Alaunlösung giefsen, oder man nimmt eine weite Büchse von hartem Steingut, wie man zum Einmachen der Früchte anwendet, stellt um die innere Wand herum passende Coaksstücke, deren einige man mit einem Kupferdraht umwickelt. In die Mitte der Büchse stellt

man eine Thonzelle, wozu auch ein Stück Spritzenschlauch dienen kann. Alle übrigen Zwischenräume werden mit grobem Gartensand angefüllt. Ein Stück Zink, als Platte oder Kreuz, steht in der Thonzelle, deren Inneres ebenfalls mit Sand angefüllt wird. Das Ganze begiefst man wie einen Blumentopf, anstatt mit Wasser, mit Alaunlösung. Ich habe eine solche Kette, aus neun Elementen bestehend, gesehen, welche zwei Jahre lang zur Telegraphie gedient hatte, und fast noch ihre ganze ursprüngliche Stärke besafs. Ein Nachtheil zeigt sich bei diesen Säulen, nämlich der, dafs sie bei ununterbrochener Schliefsung der Leitung, wenn dieselbe einen nicht sehr bedeutenden Widerstand hat, sich bald erschöpfen. Sobald aber die Kette auch nur eine Minute lang geöffnet wird, erholt sich die Säule eben so schnell wieder. Diefs findet bei dem praktischen Gebrauche wirklich statt, daher können diese Säulen zur Telegraphie sehr lange dienen, und wenn sie in einem verschlossenen Schranke aufbewahrt werden, hat man höchstens alle Monate nöthig, eine Begiefsung vorzunehmen.

Die sogenannten Erdbatterien würden zur Telegraphie recht wohl angewendet werden können, wenn man mehrere Plattenpaare zur Säule verbinden könnte. Zur Ueberwindung eines bedeutenden Widerstandes, sowie zur Benutzung anderer als Nadeltelegraphen kann die Erdbatterie nicht wohl dienen.

Je längere Zeit man eine Säule ohne Erneuerung der Säuren anwendet, desto mehr zeigt sich ein Schwanken des Stromes, was allen constanten Säulen eigen ist und sehr oft in die Praxis der Telegraphie störend einwirkt; man dürfte daher wohl erwarten, dafs der immer sich gleichbleibende Strom der magneto-elektrischen Maschine der Telegraphie gute Dienste leisten müsse.

Bekanntlich hat der Strom dieser Maschine auch bei verhältnifsmäfsig starken Inductionsdrähten immer einen vorwaltend intensiven Charakter. Nimmt man nun feine Drähte zu den Inductionsspiralen, so darf man hoffen, mit dem

so erzeugten Strome einen bedeutenden Widerstand zu bezwingen.

Im Jahre 1846 machte ich an einer 8 Meilen langen Telegraphenleitung von Eisendraht, dessen Durchmesser 4 Millimeter ist, den ersten Versuch mit einer magneto-elektrischen Maschine den Cook'schen Nadeltelegraphen in Bewegung zu setzen. Man bediente sich dort acht kleiner Grove'scher Becher mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt, zum Telegraphiren.

Die Maschine war die kleinste von denen, wie ich sie zu ärztlichem Gebrauche baue. Der aus 5 Lamellen zusammengesetzte Magnet ist 5 Zoll lang, doch ziemlich kräftig. Es ergab sich, daſs der Strom schon bei aufliegendem Eisenanker stark genug war, um auf 8 Meilen sicher zu telegraphiren; die Apparate manipulirten sogar noch kräftiger als bei der Anwendung der 8 Grove'schen Becher.

Dieser Versuch ermuthigte mich, so daſs ich seit jener Zeit mich keiner Mühe verdrieſsen lieſs, die Telegraphie durch Inductionsströme praktisch einzuführen.

Die meisten telegraphischen Apparate mit Zeigerbewegung beruhen auf dem Anzug eines Eisenankers vom Elektromagnet und Zurückdrücken desselben durch Gegengewicht oder Federkraft, also Schluſs und Oeffnung der Kette. Die Fortpflanzung dieser Bewegung um einen Zeiger zum Laufen, oder einen Stift zum Drücken oder Schieben auf Papier zu bringen, ist auf vielerlei Weise mit mehr oder weniger Glück versucht worden, und gehört nicht hierher, da sie von rein mechanischer Natur ist.

Das Oeffnen und Schlieſsen der Kette kann unter Umständen sehr schnell auf einander folgend verlangt werden, so daſs auf eine Secunde mehrere Schlieſsungen und Oeffnungen kommen. So gut nun auch der Commutator einer magneto-elektrischen Maschine eingerichtet seyn mag, so ist der Strom doch auf einen kurzen Zeittheil des Schlusses der Kette nicht so constant wie der der Säule, daher in diesem Zustande zur Bewegung der erwähnten telegraphischen Apparate nicht zu empfehlen.

Ohne Commutator liefert die Maschine bekanntlich einen gleichsam natürlichen Stromwechsel, auf diesen konnte daher das Princip des Zeichenapparates nur mit Vortheil basirt werden.

Wenn man das eine Ende der Spiralen einer magneto-elektrischen Maschine mit der Welle selbst, das andere mit einer Scheibe verbindet, welche auf der Welle isolirt befestigt ist, so erhält man den Strom in seiner ursprünglichen Beschaffenheit, und er kann von zwei Drähten abgeleitet werden, von welchen der eine mit dem Lager der Welle, der andere mit einer auf der isolirten Scheibe schleifenden Feder verbunden ist.

Ein Elektromagnet mit diesem Strom erregt, zeigt einen regelmäfsigen Polwechsel. Läfst man ein magnetisirtes Stahlstäbchen zwischen den Polen des Elektromagnetes hin und her sich bewegen, so findet man indessen sehr bald, dafs jeder Anzug nach ein und derselben Seite, aus *zwei* deutlich bemerkbaren Stöfsen besteht. Diese Erscheinung gab mir Veranlassung, einige weitere Versuche über die eigentliche Natur des ursprünglichen Stromes der magneto-elektrischen Maschine anzustellen. Durch diese Versuche bestätigte sich meine Ansicht von der Beschaffenheit des Stromes, wie ich sie im vorhergehenden Aufsatze entwickelt habe.

Verfolgt man den Gang eines Eisenkernes nach Fig. 1. Taf. II. von x nach y über f, so sieht man, dafs der Inductionsstrom auf dieser ganzen Hälfte zwar *eine* Richtung hat, aber es leuchtet zugleich auch ein, dafs er im Anfang bei z am stärksten ist, dafs er dann abnimmt, bei f Null wird und nun nach und nach wieder wachsend von Neuem sein Maximum in der Gegend von w erreicht. Es tritt nun bei der Weiterbewegung plötzlich Pol- und Stromwechsel ein, mit welchem dieselben Erscheinungen sich wiederholen.

Das oben beschriebene stofsweise Anziehen und Abstofsen eines kleinen Stahlmagnetes vom Elektromagneten, mit *zwei* Stöfsen nach jeder Seite, erklärt sich hiernach sehr wohl.

Wenn man von den *vier* Inductionsimpulsen nur zwei gegenüberliegende, also die von x nach f und die von y

nach *y* benutzt, was dadurch erreicht wird, dafs die erwähnte isolirte Scheibe zwei Ausschnitte erhält, so ist der Polwechsel des Elektromagnetes vollkommen regelmäfsig; man verliert indessen dadurch die Hälfte der Induction, welche auf den *ganzen* Kreis *xfyg*, wenn auch nicht auf alle Punkte von gleicher Stärke und Richtung, vertheilt ist.

Um aber diesen Verlust zu vermeiden, und dennoch einen vollkommen regelmäfsigen Polwechsel zu erhalten, wende ich eine Vorrichtung an, deren Ansicht in Fig 6 und 7. Taf. II. gegeben ist.

Zwei Cylinder *a* und *b* sind so ausgeschnitten, dafs jeder zwei Vorsprünge und zwei Ausschnitte hat. Die Vorsprünge des einen passen in die Ausschnitte des andern, lassen jedoch geringe, mit Perlmutter ausgefüllte Zwischenräume, welche in Fig. 6. Taf. II. durch schwarze Striche angedeutet sind. Diese Vorrichtung rotirt mit der Welle, auf welcher sie isolirt befestigt ist. Die Federn *c* und *d* liegen nicht diametral, sondern rechtwinklig zu einander in der Richtung der Tangenten von Fig. 7. Taf. II., welche den Durchschnitt der Cylinder an der Stelle der Ausschnitte darstellt. Wenn dieser Commutator in einer Richtung steht wie in Fig. 7. Taf. II., wo die Federn oben auf der Gränze beider Ausschnitte liegen, so müssen die Axen der Eisenkerne gerade in den Punkten *f* und *g*, oder *x* und *y* angekommen seyn. Wenn nun die Stücke *a* und *b* das eine Ende, die Stücke *c* und *d* das andere Ende der Spiralen bilden, und man verfolgt mit der Drehung dieses Systems das Fortrücken der Eisenkerne in dem Kreise *gxfy* Fig. 1. Taf. II., so sieht man, dafs die Richtung des Stromes in dem Quadranten von *g* nach *x* umgekehrt wird; in dem Theile von *x* nach *f* tritt die ursprüngliche Richtung wieder ein, und wird in dem Theile von *f* nach *y* wieder umgekehrt; endlich von *y* nach *g* tritt dieselbe ursprüngliche Richtung von neuem ein. Man erhält also gleiche Richtung des Stromes in dem Halbkreise der Bewegung von *g* über *x* nach *f*; dieser Richtung entgegengesetzt, aber

in sich gleich, ist der Strom auf der andern Hälfte, von *f* über *y* nach *g*.

Das Ergebnifs des Ganzen nun ist: man gewinnt einen Strom, der zwei Mal bei jeder Umdrehung der Axe regelmäfsig wächst und in demselben Verhältnisse abnimmt, zugleich aber sind beide Impulse hinsichtlich der Richtung entgegengesetzt.

Der Erfolg bestätigt diese Ansicht vollkommen, denn der kleine Elektromagnet zeigte einen regelmäfsigen Polwechsel, wo hingegen ohne Anwendung der beschriebenen Einrichtung die Doppelstöfse an dem beweglichen kleinen Stahlmagnet sehr deutlich bemerkbar waren.

Zugleich aber, und das ist das *Wichtigere*, bestätigt das Experiment in sehr klarer Weise meine Ansicht von der *Natur des Stromes bei Magnetelektromotoren.*

Der Elektromagnet bewegt in dem telegraphischen Apparate ein Zahnrad, dessen Welle den Zeiger trägt, ähnlich wie bei andern Apparaten.

Man erhält aber durch Anwendung der magneto-elektrischen Maschine nicht nur dasselbe wie durch die Säule, sondern sogar noch mehr, denn der Strom der ersten bewegt seiner Natur nach schon sofort einen Zeiger durch seinen Richtungswechsel, während die letztere noch eines Zwischenzweckes bedarf, nämlich der Vorrichtung zum Oeffnen und Schliefsen der Kette, welche vom Telegraphisten bewegt werden mufs.

Das Telegraphiren besteht bei meinen Apparaten blofs in der Drehung eines unter dem Zeiger liegenden Armes, *vor-* oder *rückwärts* auf das beabsichtigte Zeichen des Zifferblattes, indem das Einlassen des Stromes in die Apparate, sowie das Absperren desselben vom Zeiger selbst auf's einfachste bewirkt wird.

Seit dem September d. J. 1847 sind solche magneto-elektrische Telegraphenapparate auf der sächsisch-bayerischen Staatsbahn von Leipzig nach Hof (20 Meilen) in Activität und ununterbrochenem Gebrauch.

Die Stahlmagnete bestehen aus 7 Lamellen von $8\frac{1}{2}$ Zoll Länge, auf denen der Eisenanker für gewöhnlich liegen bleibt; bei zu überwindenden atmosphärischen Ladungen werden die Magnete den Inductoren näher gerückt, oder die Anker auf die schmale Kante gestellt, wodurch bisher jedes Hindernifs überwunden worden ist.

Die äufseren Zeichen der im Leitungsdrahte cirkulirenden atmosphärischen Ladungen waren im Laufe des Sommers 1848 zuweilen an den Apparaten sehr bemerkbar. Sämmtliche Metalltheile, namentlich die Spitze des Zeigers, liefsen manchmal fufslange Feuerbüschel ausströmen, welche gewöhnlich mit einem knisternden Geräusche begleitet waren; zuweilen hörte man einen Knall wie von einer Peitsche, verbunden mit starker Lichterscheinung, welche das ganze Telegraphenzimmer erleuchtete. Den Apparaten wurde dadurch kein Schaden zugefügt, wohl aber der Zeiger um einige Theile fortgerückt, was um so merkwürdiger ist, da es beweist, dafs die atmosphärischen Strömungen in der Leitung auch in ihrer Richtung wechseln, denn meine Zeichenapparate können nur durch Polwechsel des Elektromagnetes in Thätigkeit gesetzt werden.

Die Bewegung der Inductorenrolle geschieht mittelst eines Triebwerkes durch ein Gewicht.

Es wird sich übrigens hier eine interessante Gelegenheit bieten, darüber Beobachtungen anzustellen, ob die Stahlmagnete, nachdem ein Minimum des Magnetismus durch das beständige Rotiren des Ankers eingetreten ist, durch jahrelange Fortsetzung des Gebrauchs immer nach und nach mehr von ihrer Kraft verlieren, oder ob sie das Minimum für immer behalten. Ein Schwanken der Kraft, wie es Jacobi beobachtet hat, habe ich nicht finden können, was wohl daran liegt, dafs die telegraphischen Apparate zu seinen Messungen nicht die Empfindlichkeit eines Multiplicators besitzen.

Da man schon mit so kleinen Magneten im Stande ist einen zur Telegraphie hinreichend starken Strom zu erzeugen, so darf man hoffen, dafs ein wiederholtes Streichen

der Magnete ganz gewifs dann nicht nöthig seyn wird, wenn man (wie ich es gethan habe) die Magnete mit einem Eisenanker armirt, so dafs nur ein Theil des Magnetismus frei wirken kann, ein gröfserer Theil aber durch den Anker reservirt wird.

IV. *Ueber die elektromotorische Kraft der Gase; von W. Beetz.*

(Der physikalischen Gesellschaft zu Berlin mitgetheilt am 8. December 1848 und 11. Mai 1849.)

Ueber die Elektricitätsbewegung in den Gassäulen liegen noch so gut wie keine messende Untersuchungen vor. Die einzigen Versuche, welche eine quantitative Bestimmung bezweckten, sind diejenigen, durch welche Hr. Grove [1]) die Volumenveränderung der in den Röhren der Batterie enthaltenen Gase mafs. In der Regel fand eine um so stärkere Volumenabnahme statt, einen je lebhafteren Strom die Gase erzeugten. Wollte man indefs aus dieser Messung irgend einen Schlufs auf die Elektricitätserregung in der Gaskette ziehen, so müfste zuerst die von Hrn. Grove gemachte Hypothese, dafs die Verbindung der beiden angewandten Gase die Quelle der Elektricität und daher die Kette wirkungslos sey, wenn die Gase keine chemische Verwandtschaft zu einander haben, erwiesen seyn. Ja auch dann könnte noch durch secundäre Wirkungen, wie sie von Hrn. Grove selbst beobachtet worden, manche Täuschung eintreten, so dafs wohl auf diesem Wege nie Werthe erhalten werden können, welche irgendwie als Maafse der elektromotorischen Kräfte der Gasketten anzusehen sind. Ferner kann bei der grofsen Inconstanz der Gasketten, wenigstens bei Anwendung der meisten Gase, das Experimen-

1) *Phil. Trans.* 1843. *pt. II. p.* 91. Diese Annal. Ergzbd. II. S. 369.

tiren mit Batterien, welche lange Zeit hindurch geschlossen bleiben, nur sehr zweifelhafte Resultate geben, da bei vielen derselben die Polarisation die ursprüngliche elektromotorische Kraft gänzlich aufhebt. Selbst bei den scheinbar constantesten, den Wasserstoff-Sauerstoff und Wasserstoff-Chlorketten, wird die ursprüngliche Kraft schnell geschwächt, die Polarisation kann aber hier keinen sehr bedeutenden Werth erreichen, weil die durch die Elektrolyse abgeschiedenen Gase zum gröfsten Theil wieder beseitigt werden, und so stellt sich nach einiger Zeit eine grofse Constanz her.

Die folgenden Untersuchungen haben daher den Zweck, die elektromotorische Kraft der Gasketten ganz, oder doch möglichst, ohne den störenden Einflufs, welchen ein längerer Schlufs des Stromes äufsern mufs, zu bestimmen. Zu diesem Zwecke bot sich ganz natürlich die von Hrn. Poggendorff[1]) vorgeschlagene Compensations-Methode dar, bei deren Anwendung der Widerstand der zu messenden Kette gar nicht bekannt und der Strom nur einen Moment geschlossen zu seyn braucht. Treffen in zweien Punkten drei Leiter mit den Widerständen r, r', r'' zusammen, von denen r' eine Kette mit der elektromotorischen Kraft k', r'' eine solche mit der Kraft k'' enthält, so wird die in r'' stattfindende Gesammtintensität J'' gleich seyn der Intensität, welche k'' bei seiner alleinigen Wirkung hervorbringen würde, *minus* der, welche k' bei seiner alleinigen Wirkung erregt hätte, also

$$J' = \frac{k''}{r'' + \frac{r r'}{r + r'}} - \frac{k'}{r' + \frac{r r''}{r + r''}} \cdot \frac{r}{r + r''}.$$

Für den Fall, dafs $J'' = o$ wird, hat man

$$o = k''(r + r') - k' r$$

$$k'' = \frac{r}{r + r'} \cdot k'.$$

Wenn also die Gröfse k' gegeben ist, so ist durch Messung von r und r' auch k'' bekannt. An einem, mit Neu-

1) Diese Ann. Bd. 54, S. 180.

silberdraht bespannten Rheochord, in der Art, wie ihn Hr. Poggendorff anwendet, wurden die Widerstände gemessen; r wird unmittelbar durch eine Drahtlänge b vorgestellt, r' besteht aus einer Drahtlänge a, dem Widerstande der Kette k' (einer Grove'schen Platinzinkkette), $= w$ und aus dem Widerstande eines, in diesen Schliefsungsdraht eingeschalteten Galvanometers mit einfacher Nadel und wenigen Windungen $= g$. Der Widerstand r'' endlich besteht aus dem der gemessenen Kette, und dem eines empfindlichen Galvanometers G mit astatischem System mit seinen Leitungsdrähten. Die Widerstände $w+g$ seyen $= R$ gesetzt. Nachdem nun die positive Platte der zu messenden Kette (Beispielshalber die mit Wasserstoff bekleidete Platinplatte) durch den Draht b mit der Platinplatte der Grove'schen Kette, durch den Draht a und das Galvanometer g mit der Zinkplatte derselben verbunden war, wurde ein Draht von der negativen Platte der zu messenden Kette (mit Sauerstoff bekleideten Platin) zum empfindlichen Galvanometer geführt. Von der Platinplatte der Grove'schen Kette ging aufserdem ein Draht zu einem Quecksilbernapf, so dafs der Strom in r'' durch schnelles Eintauchen des zweiten Galvanometerdrahtes in diesen Napf geschlossen war. Nun wurde die Länge von b durch die laufenden Klemmschrauben des Widerstandsmessers fixirt, und dann a so lange geändert, bis die Nadel des Galvanometers G beim Schliefsen von r'' auf 0 stehen blieb. Dann ist also

$$k'' = \frac{b}{a+R+b}\, k'.$$

Um R zu finden, erhielt darauf b einen andern Werth b', wodurch auch a sich in a' verwandelte, so dafs

$$k'' = \frac{b'}{a'+R+b'}\, k'$$

wurde. Aus beiden Gleichungen wurde R berechnet. Diese Methode ist im vorliegenden Falle sehr bequem und auch

1) Diese Annalen Bd. 52. S. 11.

hinreichend genau, wenn man nur als zu messende Kette eine nicht zu inconstante (z. B. Wasserstoff-Sauerstoff) anwendet. Die folgenden Versuchsreihen zeigen, dafs diese Vorsicht befolgt wurde. Durch eine controlirende Messung nach der Ohm'schen Methode überzeugte ich mich von der Brauchbarkeit des angewandten Verfahrens. Um endlich die Kraft k' kennen zu lernen, wurde die messende Platinzinkplatte durch den Draht des Rheochords geschlossen, an welchem vorher a gemessen war, und dadurch die Nadel des Galvanometers auf 24° getrieben, welcher Ablenkung ich eine Knallgasentwickelung von im Mittel 13,36 Cubikcentimeter in der Minute entsprechend gefunden hatte. War hierzu ein Widerstand ϱ erforderlich, so hatte man

$$k' = R + \varrho$$

wobei die Einheit diejenige elektromotorische Kraft ist, welche bei einem Widerstande von 1 Centimeter Neusilberdraht, vom specifischen Gewicht 8,689 (im Mittel aus vier Wägungen), von welchem ein Centimeter 0,00683 Grm. (im Mittel aus fünf Wägungen) wiegt, in einer Minute 13,36 Cubikcentimeter gemischtes Gas entwickelt. In dieser Einheit ist die Kraft der Platinzinkkette ungefähr = 42. Man kann aus diesen Bestimmungen die gefundenen Werthe leicht mit anderen Angaben vergleichen. Ueberträgt man z. B. die von Hrn. Poggendorff [1]) mitgetheilten Messungen aus seiner Einheit, in welcher die Kraft der Grove'schen Kette etwa = 32 ist, auf die meinige, so findet sich diese Kraft = 42,27. Als Beispiel mag hier eine Messung folgen.

Reihe.	Beob.	Positiv.	Negativ.	a.	b.	R.	ϱ.	k''
I.	1 2	H	O	69,6 99,2	120 160	19,2	22,6	24,02

$$\text{wo } k'' = \frac{b}{a+R+b}(R+\varrho) \text{ ist.}$$

Der

1) Diese Ann. Bd. 70, S. 66.

Der aus den beiden Beobachtungen gefundene Werth von *R* wurde während der ganzen Beobachtungsreihe, welche nie über 2 Stunden Zeit erforderte, constant genommen, ebenso ϱ. Alle Verbindungen, welche nicht (wie r'') gleichgültig, oder durch die Berechnung ihrem Widerstande nach bekannt waren (wie die in *R* enthaltenen) wurden durch kurze Kupferdrähte von ungefähr 1 Linie Durchmesser bewerkstelligt.

Ehe die Versuche vollständig mitgetheilt werden, ist noch einiges über die Bereitung der Gasketten zu sagen. Um das platinirte Platin in seiner gröfsten Wirksamkeit zu haben, wurden die von Hrn. Poggendorff[1]) vorgeschriebenen Mafsregeln befolgt; das Platiniren geschieht aus verdünnter Chlorplatinlösung durch einen Strom von zwei Grove'schen Ketten, und liefert einen schwarzen Ueberzug. Es wird sich indefs weiter unten herausstellen, dafs bei der angewandten Mefsmethode auch ein grauer, schlechter wirkender Niederschlag keine grofsen Veränderungen in der Kraft der Kette hervorbringen kann, da die Thätigkeit der fein vertheilten Schicht überhaupt nur eine secundäre ist. Sollen nun zwei Platinplatten zu einer Gasbatterie gebraucht werden, so mufs man zuerst dafür sorgen, dafs sie unter sich keine Volta'sche Spannung zu erregen vermögen, man mufs prüfen, ob sie ganz homogen sind, und wenn sie es nicht sind, sie dazu machen. Hierbei kann man in einen grofsen Irrthum verfallen, wenn man das gewöhnliche Mittel anwendet, die Platten in der Leitungsflüssigkeit einige Zeit hindurch mit einander zu verbinden. Wäre z. B. an der einen Platte durch einen etwas starken Strom aufser dem Platin noch Wasserstoff niedergeschlagen, wie das in der Regel geschieht, und wird diese mit einer reinen Platinplatte zur Kette verbunden, so scheidet sich an der letzteren Platte Wasserstoff ab; der Strom wird daher aufhören, ehe der an der ersteren Platte entwickelte Sauerstoff den Wasserstoff, welchen er vorgefunden, beseitigt hat; die Platten erscheinen daher homogen, sind aber weit ent-

1) Diese Ann. Bd. 61, S. 593 und Bd. 70, S. 190.

fernt, reines Platin zu seyn. Ich sorgte immer dafür, dafs zuerst der Wasserstoff völlig zerstört wurde, indem ich alle Platten, welche in einer Versuchsreihe angewandt werden sollten, nachdem sie platinirt waren, kurze Zeit hindurch als Anode gemeinsam wirken liefs. Der Sauerstoff und der Chlor, von welchem sie nun bekleidet waren, sind viel leichter zu entfernen, und zwar entweder, indem die sämmtlichen Platten einerseits mit einer anderen Platinplatte in concentrirterer Platinlösung zur Kette verbunden, oder auch längere Zeit mit Wasser abgekocht wurden, oder noch besser beide Behandlungen nach einander erfuhren. Die Platten, ungefähr 4 Zoll lang, $\frac{1}{4}$ Zoll breit, wurden daher vor dem Platiniren in Korke eingekittet, diese wurden dann, nachdem die Platten in der Platinlösung verbunden gewesen waren, in Röhren von ungefähr 5 Zoll Länge eingesetzt; darauf wurden die Röhren mit Wasser gefüllt, das mehrere Minuten lang im Kochen erhalten, dann durch die Leitungsflüssigkeit (verdünnte Schwefelsäure im Verhältnifs 1 : 100) ersetzt wurde. Auch diese wurde bis zum Kochen erhitzt, und dann die Röhre mit dem offenen Ende in ein Gefäfs getaucht, welches ebenfalls ausgekochte Leitungsflüssigkeit enthielt. Nun erst wurde das anzuwendende Gas, im möglichst gereinigten Zusande, so in die Röhre gelassen, dafs etwa $\frac{1}{3}$ der Platte in die Flüssigkeit tauchte. Um zwei Röhren zur Kette zu verbinden, wurde eine umgekehrt *U*-förmige, mit Leitungsflüssigkeit gefüllte, und an beiden Enden mit Blase verbundene Röhre in die beiden Gefäfse getaucht, welche die Röhren enthielten, hierdurch wurde eine Diffusion der Gase durch die Flüssigkeit hindurch besser verhindert, als wenn beide Röhren in dasselbe Gefäfs gesetzt wurden. War bei der Messung das Verhältnifs von *a* zu *b* bei den ersten Proben zu fehlerhaft ausgefallen, so dafs die Gaskette von einem merklichen Strom durchlaufen worden war, so wurde zuerst weiter experimentirt, bis das Galvanometer *G* auf 0 blieb, dann die Gasbatterie auseinandergenommen, und der ganze Füllungsprocefs von vorn angefangen. Bei der zweiten Mes-

sung fängt man dann schon mit Proben an, welche von der Wahrheit nicht so entfernt liegen, dafs sie die Kette merklich verändern können. Nur die letzten Resultate sind mitgetheilt. Man kommt übrigens bald durch einige Uebung dahin, nicht gar zu grofse Irrthümer in der Stellung der Klemmschrauben zu begehen, besonders wenn man das aus den Versuchen hervorgehende Gesetz durchschaut hat.

Hier die Versuche:

Reihe.	Beob.	Positiv.	Negativ.	*a*.	*b*.	*R*	*ρ*.	*k''*.
I.	1	H	O	69,6	120	19,2	22,6	24,02
	2			99,2	160			
	3	H	Pt	108,8	120			20,23
	4	Pt	O	200	20			3,49
II.	1	H	O	72	120	19,2	23	23,98
	2			102,4	160			
	3	Pt	O	212	20			3,36
	4	H	Pt	108	120			20,48
III.	1	H	O	71,2	120	16,8	25,2	24,23
	2			100	160			
	3	H	CO_2	93,6	120			21,88
	4	CO_2	O	350	20			2,12
	5	H	NO	101,2	120			21,18
	6	NO	O	240	20			3,03
	7	NO	CO_2	360	6			0,66
IV [1])	1	H	O	61,8	120	20,4	20,2	24,10
	2			89,2	160			
	3	H	NO	86,4	120			21,48
	4	H	CO	208	120			13,98
	5	CO	CO_2	132	40			8,44
	6	CO	O	100	40			9,88
	7	H	Cy	98,6	120			20,38
	8	Cy	O	208	20			3,27
	9	CO	NO	160	40			7,37
V.	1	H	CO	116	60	26,0	14,8	12,40
	2	H	O	58	120			24,03
	3			86	160			
	4	H	Cy	93	120			21,10
	5	CO	Cy	226	60			7,84
	6	CO	O	134	60			11,13
	7 [2])	H	CH_2	150	120			16,54
	8	CH_2	O	186	40			6,48
	9	CO	CH_2	292	30			3,52
VI.	1	H	Luft	101,0	120	17,8	22,8	20,50
	2			140,6	160			
	3	H	Cl	38	160			30,25

1) Die Füllungen der Reihe III. wurden beibehalten.

2) CH_2 roch nach Aether.

Reihe.	Beob.	Positiv.	Negativ.	a.	b.	R.	ϱ.	k''.
VI.	4	Luft	Cl	180	60			9,50
	5	CO	Cl	120	100			17,15
	6 1)	H	NO_2	140	100			15,83
	7	NO_2	Cl	138	80			13,84
	8	H	CO	122	60			12,25
VII.	1	H	O	85,6	120	15,8	26,6	22,99
	2			119,4	160			
	3	H	NO_2	116	120			20,22
	4	H	CO	197	100			13,56
	5	H	Cl	35,2	160			32,27
	6	NO_2	O	300	20			2,52
	7	Cy	O	360	8			0,88
	8	H	Cy	95,6	120			21,99
	9	NO_2	Cy	366	14			1,50
	10	CO	O	123	40			9,48
	11	CO	NO_2	198	40			6,68
	12	CO	Cy	140,6	40			8,63
	13	O	Cl	220	60			8,60
	14	NO_2	Cl	139	60			11,84
	15	Cy	Cl	150	60			11,26
	16	CO	Cl	92,8	100			20,32
VIII.	1	H	O	69,6	120	19,8	21,0	23,38
	2			99,4	160			
	3 2)	H	CO	224	40			5,15
	4	CO	O	149	120			16,95
	5	H	Cl	29	160			31,41
	6	CO	Cl	53	120			25,39
IX.	1	H	O	68	120	17,2	24,2	24,21
	2			96,4	160			
	3 3)	H	CO	230	40			5,76
	4	H	CH_2	112	120			19,94
	5	H	Cl	29,6	160			32,03
	6	H	HS	360	30			3,05
	7	CO	O	128	100			16,88
	8	CO	CH_2	112	60			13,13
	9	CH^2	O	344	30			3,17
	10	O	Cl	244	60			7,72
	11	CO	Cl	54	120			25,98
	12	CH_2	Cl	206	80			10,92
	13	HS	O	108	120			20,26
	14	HS	CO	276	30			3,84
	15	HS	Cl	58	160			28,16
	16	H	O	69	120			24,09
	17	H	Pt	115	120			19,68
X.	1	H	O	87,8	120	12,4	29,8	23,00
	2			121,2	160			
	3	H	Br	68	160			28,09

1) NH_2 enthielt wahrscheinlich Wasserstoff.

2) CO enthielt wahrscheinlich Wasserstoff.

3) CO von der vorigen Füllung, die anderen Gase neu dargestellt.

Reihe.	Beob.	Positiv.	Negativ.	*a.*	*b.*	*R.*	*ϱ.*	*k''.*
X.	4	O	Br	270	40			5,23
	5	H	CS_2	126	120			19,60
	6	CS_2	O	240	20			3,10
	7	H	CO_2	112,8	120			20,65
	8	CO_2	O	290	20			2,62
	9	CO_2	Br	172	40			7,52
	10	CS_2	Br	152	40			8,26
XI.	1	H	CO_2	122,2	120	9,8	33	20,38
	2			166,2	160			
	3	H	CO	142,0	60			12,12
	4	H	Br	72,6	160			28,32
	5	CO	Br	152	100			16,37
	6	CO_2	Br	266	60			7,65
	7	CO	CO_2	219	60			8,88
XII.	1	H	Br	73	160	10,2	31,6	27,50
	2			93,8	200			
	3	H	CO	114	60			13,61
	4	H	P	192	120			16,06
	5	CO	Br	188	100			14,02
	6	P	Br	200	80			11,52
XIII.	1	H	O	78,2	120	8,8	33,6	24,58
	2			107,2	160			
	3	H	NO_2	115,2	120			20,85
	4	NO_2	O	194	20			3,81
XIV.	1	H	O	79,6	120	6,8	36,0	24,88
	2			108,4	160			
	3	H	CH_2	149,4	120			18,59
	4	CH_2	O	109,4	20			6,28
XV.	1	H	O	78,4	120	9,2	32,8	24,27
	2			107,6	160			
	3	H	CO	121	60			13,25
	4	CO	O	145,4	60			11,74

Aus diesen Versuchsreihen geht deutlich hervor, dafs die elektromotorischen Kräfte von Gasen, welche durch platinirtes Platin und verdünnte Schwefelsäure zu Gasbatterien verbunden sind, dem Gesetze der Volta'schen Spannungsreihe folgen, wie die Metalle. Es würde sich zwar eine hinreichende Uebereinstimmung der Versuche mit diesem Gesetze erlangen lassen, wenn man aus den, für dieselben Stoffe angestellten Versuchen die Mittel nähme und diese als die wahren elektromotorischen Kräfte betrachtete, indefs dürfen eigentlich nur die Versuche einer und derselben Reihe mit einander verglichen werden, da bei ihnen selbst eine Veränderung in der Beschaffenheit eines Gases, eine Verunreinigung desselben während der Füllung u. dgl.

ohne Einfluſs bleiben muſs, nur solche Veränderungen würden merklich werden, welche das Gas während der Messungen selbst erfahren hätte. In den folgenden Tabellen sind die Summen der elektromotorischen Kräfte verschiedener Ketten mit den elektromotorischen Kräften verglichen, welche zwischen den äuſsersten Gliedern jener Ketten beobachtet wurden.

Reihe.	Ketten.	Berech.	Beob.
I.	H, Pt + Pt, O	23,72	24,02
II.	H, Pt + Pt, O	23,84	23,98
III u.	H, CO_2 + CO_2, O	24,00	24,23
IV.	H, NO + NO, O	24,21	24,10
	H, CO + CO, O	23,86	—
	H, CO + CO, CO_2 + CO_2, O	24,54	—
	H, CO + CO, NO + NO, O	24,35	—
	H, CO + CO, NO + NO, CO_2 + CO_2, O	24,13	—
	H, Cy + Cy O	23,65	—
	H, NO + NO, CO_2 + CO_2, O	23,96	—
V.	H, CO + CO, Cy	20,24	21,10
	H, CO + CO, O	23,53	24,03
	H, CO + CO, CH_2 + CH_2, O	22,40	—
	H, CH_2 + CH_2, O	23,02	—
VI.	H, Luft + Luft, Cl	30,00	30,25
	H, CO + CO, Cl	29,40	—
	H, NO_2 + NO_2, Cl	29,67	—
VII.	H, NO_2 + NO_2, O	22,74	22,99
	H, CO + CO, O	23,04	—
	H, Cy + Cy, O	22,87	—
	H, CO + CO, NO_2	20,19	20,22
	H, CO + CO, Cy	22,19	21,99
	H, NO_2 + NO_2, Cy	21,72	—
	H, O + O, Cl	31,59	32,27
	H, CO + CO, Cl	33,88	—
	H, NO_2 + NO_2, Cl	32,06	—
	H, Cy + Cy, Cl	33,25	—
	H, CO + CO, NO_2 + NO_2, Cy + Cy, O + O, Cl	31,22	—
VIII.	H, CO + CO, O	22,10	23,38
	H, CO + CO, Cl	30,54	31,41
IX.	H, CO + CO, O	22,64	24,24
	H, CH_2 + CH_2, O	23,11	24,09
	H, HS + HS, O	23,31	—
	H, CO + CO, CH_2	18,89	19,94
	H, HS + HS, CO	6,89	5,76
	H, HS + HS, Cl	31,21	32,03
	H, CO + CO, Cl	31,74	—
	H, CH_2 + CH_2, Cl	30,96	—
	H, O + O, Cl	31,93	—
	H, HS + HS, CO + CO, CH_2 + CH_2, O + O, Cl	30,91	—

Reihe.	Ketten.	Berech.	Beob.
X.	H, CS_2+CS_2, O	22,70	23,00
	H, CO_2+CO_2, O	23,27	—
	H, O+O, Br	28,23	28,07
	H, CS_2+CS_2, Br	27,86	—
	H, CO_2+CO_2, Br	28,17	—
	H, CS_2+CS_2, O+O, Br	27,93	—
XI.	H, CO+CO, CO_2	21,00	20,38
	H, CO+CO, Br	28,49	28,32
	H, CO_2+CO_2 Br	28,03	—
	H, CO+CO, CO_2+CO_2, Br	28,65	—
XII.	H, CO+CO, Br	27,63	27,50
	H, P+P, Br	27,58	—
XIII.	H, NO_2+NO_2, O	24,66	24,58
XIV.	H, CH_2+CH_2, O	24,87	24,88
XV.	H, CO+CO, O	24,99	24,27

Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werthen ist hinreichend, um den Satz aufser Zweifel zu setzen, dafs die Gasketten ebenfalls dem elektromotorischen Gesetze der Volta'schen Spannungsreihe folgen.

Als Mittel aus den Beobachtungen ergeben sich die in der nachfolgenden Uebersicht zusammengestellten elektromotorischen Kräfte. Hierbei ist der mit Wasserstoff bekleidete Platin als Ausgangspunkt betrachtet, die bei den einzelnen Stoffen stehenden Zahlen bezeichnen also die elektromotorische Kraft, welche dieselben, in die eine Gasröhre gegeben, mit Wasserstoff in der anderen erregen. Um über den absoluten Werth der Kräfte einen klareren Begriff zu bekommen, sind auch die von Platinzink und Platinkupfer bestimmt und auf denselben Ausgangspunkt bezogen, in die Reihe gestellt worden. Bei der Bestimmung der Mittel sind die Beobachtungen VI,6; VIII,3 und IX,3 aus den dort angebenen Gründen fortgelassen. Zur Uebersicht habe ich die von Hrn. Grove [1]) beobachtete Reihe neben die meine gestellt.

— 31,49	Chlor	Chlor
27,97	Brom	Brom
		Jod
		Oxyde

1) Phil. Trans. 1845, S. 359.

23,98	Sauerstoff	Sauerstoff
21,33	Stickstoffoxydul	Stickoxyd
21,16	Cyan	
20,97	Kohlensäure	Kohlensäure
20,52	Stickoxyd	Stickstoff
20,50	Luft	
20,13	*Platin*	*Metalle*, welche Wasser nicht zersetzen
19,60	Schwefelkohlenstoff	Kampher, flüchtige Oele
18,36	Oelbildendes Gas	Oelbildendes Gas
		Aether, Alkohol, Schwefel
16,06	Phosphor	Phosphor
13,02	Kohlenoxydgas	Kohlenoxydgas
3,82	*Kupfer*	
3,05	Schwefelwasserstoff	
0	Wasserstoff	Wasserstoff
+ 19,68	*Zink*	*Metalle*, welche Wasser zersetzen.

Die vorstehenden Zahlen klären die, von den Herren Grove [1]) und Schoenbein [2]) behandelte Streitfrage auf, ob in einer Sauerstoff-Wasserstoffbatterie der Wasserstoff allein, oder beide Gase wirksam seyen. Der letztere hatte die Meinung ausgesprochen, der Wasserstoff allein erzeuge den Strom, die Gegenwart des Sauerstoffs sey nur deshalb vortheilhaft, weil die durch den Strom entstandene Ladung der freien Platinplatte durch denselben verringert würde. Hrn. Grove's Versuche zeigen ebenfalls, daſs die Anwesenheit der Luft zur Dauer des Stromes nöthig ist, denn als die Gaskette unter einer Glocke mit Luft, der der Sauerstoff durch Verbrennen von Phosphor entzogen war, geschlossen blieb, sank die Stromstärke auf 0 herab, durch Hinzugeben neuer Luft stieg sie allmälig. Dieser Versuch, der übrigens den an gewöhnlichen Hydroketten von mir angestellten Beobachtungen [3]) vollkommen entspricht,

1) *Phil. Trans.* 1843. S. 98.

2) Diese Ann. Bd. 58, S. 361. *Phil. Mag. XXII, p.* 165.

3) Diese Ann. Bd. 64, S. 381.

betrachtet Hr. Grove aber nicht als entscheidend zu Gunsten der Schoenbein'schen Ansicht, und gewifs mit Recht. Dafs die Stromverstärkung durch den Sauerstoff einer Verminderung der Ladung zuzuschreiben sey, ist wohl unzweifelhaft, daraus folgt aber nicht, dafs der Sauerstoff gar nicht elektromotorisch wirke. Nach den oben mitgetheilten Versuchen ist die elektromotorische Kraft von Platin-Wasserstoff = 20,13; von Platin-Sauerstoff = 3,85. Der Sauerstoff trägt also allerdings auch unmittelbar zur Elektricitätserregung bei, aber freilich viel weniger, als der Wasserstoff. Luft, Stickstoff und die Stickstoffverbindungen mit Sauerstoff wirken noch schwächer. Die depolarisirende Wirkung des Sauerstoffs kann hierbei gar nicht in Betracht kommen, da der Schlufs der Kette nur ein momentaner ist.

Was den Ort der Elektricitätserregung in der Gasbatterie betrifft, so ist derselbe von Hrn. Grove [1]) an der Berührungsstelle von Platin, Gas und Flüssigkeit gefunden worden. Berührte das Platin die Flüssigkeit gar nicht, so entstand, wie zu erwarten, kein Strom; war dasselbe ganz von der Flüssigkeit bedeckt, so war der Strom sehr schwach. Fünf Sauerstoff-Wasserstoffpaare konnten Jodkalium nicht zersetzen. So wie aber die Kanten des Platins vom Gase berührt waren, fand diese Zersetzung schon durch ein Paar statt. Mir scheint dieser Satz indefs nicht allgemein hingestellt werden zu dürfen. Für Gase, welche vom Wasser stark absorbirt werden, wie Chlor, ist er gewifs nicht richtig, ja ich fand an der Wasserstoff-Chlorkette die elektromotorische Kraft immer am gröfsten, wenn das ganze, in die Röhre gegebene Chlor vollständig absorbirt (luftfrei) war. Für die anderen Gase gilt gewifs dasselbe, nur in geringerem Grade, besonders wenn man die Kette zur Untersuchung der Stromstärke länger als momentan schliefst. Die geringen Gasmengen, welche die Leitungsflüssigkeit aufgelöst hat, werden sehr schnell durch die elektrolytisch entwickelten Gase verbraucht, und die Flüssigkeit vermag nicht

1) *Phil. Trans.* 1843. *p.* 97.

durch ihre ganze Masse schnell genug neues Gas zu absorbiren, um den Strom wieder auf eine mäfsige Stärke zu bringen. Dafür aber, dafs eine Wirkung des Platins auch dann auf die Gase stattfindet, wenn dasselbe von der Flüssigkeit bedeckt ist, sprechen schon die von Hrn. Jacobi [1]) und Hrn. Poggendorff gemachten Beobachtungen, dafs in einem Voltameter mit platinirten Elektroden das entwickelte Gasgemenge gänzlich wieder verschwindet, auch nachdem das Wasser über dieselben getreten ist. Ich vermied hier, wie überall die Anwendung eines Voltameters, an dessen Elektroden die Gase entwickelt waren, weil die, durch die Polarisation erzeugte elektromotorische Kraft immer gröfser ist, als die einer gewöhnlichen Gaskette. Die Platinplatten wurden auf die gewöhnliche Weise in die Röhren gekittet, nachdem sie an ihrem oberen Theile dicht mit Lack überzogen waren. Nur der so isolirte Theil der Platten wurde von den Gasen umgeben, die Theile mit metallischer Oberfläche blieben ganz in der Leitungsflüssigkeit. An einer so vorgerichteten Kette fand ich eine elektromotorische Kraft 15,64, also allerdings viel zu klein. Ich suche den Hauptgrund darin, dafs die Leitungsflüssigkeit, welche in der Hitze zu wenig Gas aufgenommen haben würde, bei ihrer Abkühlung nicht nur von Oben Wasserstoff, sondern auch von unten Luft absorbirte, gegen welche sie nicht geschützt war.

Wenn das Platiniren der Platinplatten die elektromotorische Kraft der Gasketten nur deshalb erhöht, weil dadurch die Gegenladung vermindert wird, so darf bei Anwendung der Compensationsmethode eine Kette mit platinirten Platten keine gröfsere Kraft zeigen, als eine mit blanken, wenn nur das Platin hinreichend gereinigt wird. Ich construirte daher Gasketten aus blanken Platinplatten, welche in concentrirter Salpetersäure und dann in Wasser abgekocht waren. Solche Ketten gaben die folgenden Wirkungen:

1) Diese Ann. Bd. 70, S. 201.

Reihe.	Beob.	Positiv.	Negativ.	a.	b.	R.	ρ.	k''.
XVI.	1	H	O	72	120	14,4	27,0	24,07
	2			100,8	160			
	3	H	Cl	20	160			35,94
	4	H	Br	69	160			27,21
	5	O	Br	258	20			2,83
	6	O	Cl	154	60			10,87
	7	Br	Cl	184	40			6,94

Diese Uebereinstimmung war nach den Versuchen, welche Hr. Faraday[1]) über die verdichtende Wirkung des reinen Platins auf Gase angestellt hat, zu erwarten, und Hr. Poggendorff[2]) hat es schon wahrscheinlich gemacht, daſs die primären Kräfte von Gasketten mit blanken, grau oder schwarz platinirten Platten einander gleich seyn würden. Zugleich aber liefert die Uebereinstimmung dieser Beobachtungen einen Beweis dafür, daſs bei der sehr kurzen Schlieſsung, welche die Compensationsmethode erfordert, die Polarisation noch keinen bedeutenden Werth erreicht, da sonst die stärker ladungsfähigen blanken Platten geringere Werthe geben muſsten.

Endlich ging ich zu Versuchen mit Gasketten über, welche als festen Leiter einen anderen Körper, als Platin enthielten. Dabei fand ich aber eine groſse Schwierigkeit in den kleinen Werthen der elektromotorischen Kräfte, wodurch in den meisten Fällen eine Feststellung des Verhältnisses zwischen denselben fast unmöglich wird. Selbst bei Anwendung von Bunsen'scher Kohle, von welcher Hr. Poggendorff[3]) eine groſse Wirkung erwartete, waren die Kräfte nicht sehr groſs, und auſserdem noch schwankend. Es war mir nur schwer möglich, selbst aus demselben Stück einige Kohlenscheiben zu schneiden, welche nur leidlich gleichartig waren. Dieſs ist hier um so störender, da man, nach dem oben Gesagten, gar kein Mittel hat, um sie künstlich gleichartig zu machen. Die Kohlenstreifen wurden mehrere Stunden mit Salpetersäure, dann mit Wasser, mit verdünn-

1) Faraday, *experim. Researches* §§. 570. 605.

2) Diese Ann. Bd. 61, S. 598.

3) Ebend.

ter Schwefelsäure, und wieder mit Wasser ausgekocht, und doch fand ich sehr häufig, dafs die, mit irgend einem geruchlosen Gase gefüllten Röhren, in welche diese Kohlen eingesetzt waren, nach einiger Zeit nach Schwefelwasserstoff rochen. Versuche, bei denen diefs vorkam, gaben immer sehr kleine Resultate, und wurden natürlich verworfen. Bei den nachstehend mitgetheilten wurde keine Fehlerquelle bemerkt. Man sieht aus ihnen, dafs das Verhältnifs der elektromotorischen Kräfte bei Anwendung der verschiedenen Gase ganz dasselbe ist, wie beim Platin. Ich habe deshalb die mittlere elektromotorische Kraft einer Platin-Wasserstoff-Sauerstoffkette durch die einer Kohle-Wasserstoff-Sauerstoffkette dividirt, und mit dem Quotienten *c* die übrigen Kräfte der Platinketten dividirt. Auf diese Weise ist die letzte, mit „berechnet" überschriebene Spalte entstanden. Die Widerstände wurden anderweitig bestimmt.

Reihe.	Beob	Positiv.	Negativ.	*a.*	*b.*	*R.*	*ρ.*	k'' beob.	k'' berechn.
XVII.	1	H	O	208	60	12,4	28,6	11,16	11,24
XVIII.	1	H	O	97	40	13	28,2	10,99	11,24
	2	H	Cl	90	60			15,16	14,76
	3	O	Cl	160	20			4,27	3,52
	4	CO	Cl	192	60			9,33	8,65
XIX.	1	H	O	101	40	13	28,2	10,70	11,24
	2	H	Cl	80	60			16,15	14,76
	3	H	CO	220	40			6,04	6,10
	4	CO	O	280	40			4,84	5,14
	5	CO	Cl	160	60			10,60	8,65
XX	1	H	O	94	40	14	27,2	11,14	11,24
	2	H	CO	160	40			6,75	6,10
	3	CO	O	200	20			4,45	5,14
	4	CO	Cl	180	40			7,07	8,65
	5	O	Cl	220	20			3,24	3,52
	6	H	Cl	98	60			14,37	14,76
	7	H	Br	122	60			12,61	13,11
	8	O	Br	350	20			2,90	1,87
	9	Br	Cl	300	10			1,27	1,65
XXI.	1	H	O	127	60	12,4	28,4	12,28	11,24

$$c = 0,4687.$$

Der Factor *c* ist gewifs von der Verdichtung abhängig, welche die Gase an der Oberfläche des festen Leiters erfahren, und durch welche die Bekleidung des Metalls mit

den Gasen eine vollständigere wird. Man könnte daher diese Methode benutzen, um die relative Verdichtungskraft der verschiedenen Körper zu bestimmen, wenn nicht die absoluten Gröfsen der elektromotorischen Kräfte bei den meisten Stoffen zu klein wären. Für Kohle kann man den angegebenen Coëfficienten 0,4687 gewifs auch nicht als allgemein gültig betrachten. Andere Kohlensorten mögen sehr stark abweichen.

Bei Gasketten mit chemisch reinen Silberplatten, welche galvanisch versilbert waren, erhielt ich die folgenden Werthe.

Reihe.	Beob.	Positiv.	Negativ.	*a*.	*b*.	*R*	*ρ*.	k'' beob.	k'' berechn.
XXI.	1	H	O	360	10	14,4	27,0	1,07	1,08
XXII.	1	H	O	366	10	9,2	32,8	1,09	1,08
	2	H	CO	350	4,6			0,54	0,58
	3	CO	O	360	4,4			0,49	0,50

$c = 0{,}0449.$

Wenn auch die vorstehenden Versuche manche Aufklärung über die Wirkung der Gasbatterien geben, so können sie doch unmöglich eine Entscheidung liefern über die Quelle der Kraft in denselben. Eine solche Entscheidung wäre aber, meiner Ansicht nach, auch nichts Geringeres, als ein Endurtheil über das Wesen der Contactelektricität. In der That reihen sich die Erscheinungen, welche so eben besprochen wurden, ganz denen an, welche bei der Stromerregung durch feste Leiter auftreten, mit dem einzigen Unterschiede, dafs der Zustand der Aggregation bei den Gasen durch den berührenden festen Körper geändert werden kann, bei festen Leitern nicht. Daher die verschiedenen absoluten Werthe in den Kräften der Gasketten, während ihre relativen Werthe dieselben bleiben. Die vorzugsweise Wirksamkeit der positiven Gase (Wasserstoff) liegt einmal darin, dafs die elektromotorische Kraft von Platin-Wasserstoff weit gröfser ist als die von Platin-Sauerstoff und selbst Platin-Chlor, dann aber ist auch die Erscheinung, welche Matteucci [1]) und Andere beobach-

1) *Compt. rend. XVI, p.* 846.

tet haben, dafs geringe Wasserstoffmengen die Wirkung grofser Sauerstoffmengen überwiegen können, ein einfaches Analogon zur Wirkung der Amalgame, in denen ebenfalls das positive Metall (Kalium, Zink) vorwiegt.

Was endlich die Zusammenstellung der Metalle und der Gase in der elektromotorischen Reihe betrifft, wie sie oben gegeben wurde, so mufs man sich über deren Bedeutung nicht täuschen. Die angeführten Metalle (Platin, Kupfer, Zink), stehen so zu den Gasketten, welche Platinplatten enthalten; bei anderen Ketten würde ihre Stellung eine andere seyn. Während z. B. das Zink dort gegen Wasserstoff noch mit einer Kraft 19,68 positiv ist, fand Buff[2]) eine mit Wasserstoff bekleidete Zinkplatte positiv gegen eine reine und gab für diese Spannung sogar später[3]) einen Zahlenwerth; er schlofs daraus, dafs der Wasserstoff dem positiven Ende der Spannungsreihe näher stehe, als das Zink, ein Schlufs, der offenbar zu weit geht. Er würde nur dann richtig seyn, wenn in den Gasketten die Metallplatten so vollständig von dem Gase überzogen wären, dafs sie nur als Leiter wirkten, und selbst mit der Flüssigkeit in gar keine unmittelbare Berührung kämen. Diefs ist aber offenbar nicht der Fall, vielmehr beobachtet man immer die Wirkung des der Kette zu Grunde liegenden Metalles mit, eine Erscheinung, die am deutlichsten hervortritt, wenn das Gas die Platte selbst nicht berührt, sondern nur schwach in der Flüssigkeit gelöst ist. Bei der unmittelbaren Berührung des Gases, d. h. also an der Berührungstelle von Metall, Gas und Flüssigkeit, ist dagegen die Gaswirkung ein Maximum, und die so erhaltenen Werthe sind die oben angegebenen. Ich kann daher nicht vollständig einem Ausspruche des Hrn. Buff[4]) beipflichten: „durch die Wasserstoffschicht an der negativen Platinplatte" (bei der Polarisation) „so wie durch die Sauerstoffschicht an der positiven Platinplatte wird dasselbe bewirkt, wie

1) Ann. der Chem. und Pharm. Bd. 41, S. 136; *Arch. de l'El. II.* 222.
2) Diese Ann. Bd. 73, S. 505.
3) Am letztgenannten Orte.

wenn nicht zwei Platinstreifen, sondern ein Streifen festen Wasserstoffs und ein Streifen festen Sauerstoffs in die Säure wären eingeführt worden"; aber vollständig stimme ich dem gleich darauf Gesagten bei: „die bei unmittelbarer Berührung von Wasserstoff und Sauerstoff geweckte elektromotorische Thätigkeit, oder die elektrische Differenz beider Stoffe bezeichnet die äufserste Gränze des Widerstandes (der Gegenkraft), der durch die Polarisation zweier Metalle im Zersetzungsgefäfse überhaupt entstehen kann. Man wird sich dieser Gränze um so mehr nähern, je vollständiger die eingetauchten Platten sich mit den Gasen zu bekleiden vermögen, und je vollständiger dadurch die unmittelbare Berührung der metallischen mit dem flüssigen Leiter vermieden wird. Könnten die eingetauchten Streifen durch die Gase, womit sie sich umhüllen, von der Flüssigkeit vollständig isolirt werden, so würde die chemische Natur der Metallmassen ganz gleichgültig seyn." Aber eben, weil auch beim Maximum der Polarisation die Metalle nicht gleichgültig sind, darf man nie eine vollständige Bekleidung der Platten durch die Gase annehmen, und die Polarisationswerthe unmittelbar als die wahren elektromotorischen Kräfte der betreffenden Gase ansehen.

Hierin, glaube ich, mufs man auch den Grund der Erscheinungen suchen, dafs Platten von demselben Metall eine viel gröfsere elektromotorische Kraft geben, wenn sie durch Polarisation mit den Gasen bekleidet sind, als wenn durch ein anderes Mittel; die Bekleidung erfolgt durch die Polarisation weit vollständiger. Die hierdurch hervorgebrachte elektromotorische Kraft aus Hrn. Poggendorff's[1]) Angaben in meine Einheit übertragen, würde bei blanken Platinplatten = 55, bei platinirten = 40 seyn, während ich sie in der Gasbatterie = 24 fand. Ueberhaupt erinnere ich hierbei an das, was der genannte Physiker[2]) über die hervorragende Wirkung secundärer Batterien über die der Gasbatterie gesagt hat.

1) Diese Ann. Bd. 70, S. 179. 189.

2) Ebend. Bd. 61, S. 600.

V. *Vom photochromatischen Bilde des Sonnenspectrums und von den farbigen Bildern in der Camera obscura; von Hrn. E. Becquerel.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXV. p.* 447.)

I. Zubereitung der empfindlichen Substanz.

Zu Anfange des vorigen Jahres wurde ich auf die Beobachtung der neuen Thatsache geführt, dafs es möglich ist, eine für das Licht empfindliche Schicht so zuzubereiten, dafs sie sich genau mit der Farbe der darauf einfallenden Strahlen färbt. Die Anzeige hiervon ist in den *Comptes rendus de l'Academie des Sciences T. XXVI* enthalten, und überdiefs findet sich in den *Annal. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXII. p.* 451 eine Note, welche über die Darstellung der Verbindung, die zu diesem Phänomen Anlafs giebt, einiges Detail enthält [1]).

Die Substanz, welche diese sonderbare Eigenschaft besitzt, ist ein Chlorsilber, welches man erhält, wenn man eine polirte Silberplatte unter gewissen Bedingungen von Chlor angreifen läfst. Die ersten Färbungen beobachtete ich an einer Silberplatte, die dem von einem bei 10° gesättigten Chlorwasser ausdunstenden Chlor ausgesetzt war. Späterhin ist es mir gelungen analoge Effecte zu erhalten indem ich die empfindliche Schicht durch Eintauchung einer silberplattirten Platte in Chloride (von Kupfer, Eisen u. s. w.) oder unterchlorigsaure Salze (von Kalk, Natron u. s. w.) bereitete; allein ich habe niemals so gute Resultate erhalten, als wenn ich die Metallplatte, in ein durch Chlorwasserstoffsäure angesäuertes Wasser gestellt, zum positiven Pol einer Volta'schen Säule machte, so dafs das Chlor im Entstehungszustande mit dieser Platte zusammenkam. Trocknes Chlor gab mir kein genügendes Resultat. Ob-

1) Diese Note ist S. 82 dieses Bandes der Annalen mitgetheilt. P.

Obwohl sich auf diesen verschiedenen Wegen nur Verbindungen von Chlor und Silber bilden, so geben doch die so zubereiteten Oberflächen bei weitem nicht gleiche Effecte. Fast alle färben sich im weifsen Lichte grau oder dunkelviolett, mit Ausnahme derer, die man durch Eintauchung in eine verdünnte Lösung von Kupferchlorid erhält [1]). Diese letztere Schicht giebt in weifsem Licht ein weifses Abbild, wie in der früheren Note gezeigt [2]), überdiefs wird sie rascher angegriffen als ein auf anderem Wege dargestelltes Chlorsilber, giebt aber nicht alle Farben des Spectrums.

Diese Ergebnisse zeigen, dafs bei gleicher chemischer Zusammensetzung einer Substanz dennoch die Anordnung ihrer Molecule verschieden seyn mufs, da die Effecte nicht gleich sind.

Ohne in das Detail der Versuche einzugehen, die ich gemacht, um eine Fläche zu erhalten, auf der sich alle darauf fallenden Strahlenarten mit ihren Farben abmalen, begnüge ich mich das Verfahren anzugeben, welches mir bisher die besten Resultate geliefert hat.

Nachdem die silberplattirte Platte *MN* (Fig. 9. Taf. II.) mit Englisch-Roth und Tripel polirt worden, hängt man sie an zwei Kupferdrähte *ab*, *a'b'* auf, die an ihren Enden *b*, *b'* und in ihren Mitten *a*, *a'* hakenförmig so gebogen sind, dafs die Stücke *ab*, *a'b'* sich hinter der Platte befinden. Darauf vereinigen sich beide Drähte in *d*, um mit dem positiven Pol einer Säule verbunden zu werden.

Will man mit Platten von 25 Centm. Seite experimentiren, so sind zwei schwach geladene Bunsen'sche Becher hinreichend. Hat man die Platte in angegebener Weise aufgehängt, so taucht man sie in ein Gemisch von 125 C. C. gewöhnlicher Chlorwasserstoffsäure auf 1 Liter destillirten Wassers. Das Gefäfs, worin diefs Gemisch enthalten ist, mufs 8 bis 10 Liter fassen können. Sogleich, fast paral-

1) Man bereitet diese Lösung aus 150 Grm. Chlornatrium, 50 Grm. Kupfervitriol und 1000 Grm. Wasser.

2) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXII. p.* 455 (S. 82. dieses Bandes).

lel mit der Platte, nachdem die mit dem positiven Pol der Säule verbundene Platte in das saure Wasser getaucht worden, taucht man in dasselbe Gefäfs einen Platinstab, der mit dem negativen Pol verknüpft ist. Die Flüssigkeit wird nun durch den elektrischen Strom zersetzt, das Chlor der Chlorwasserstoffsäure begiebt sich zur Platte und der Wasstoff zum Platin, an welchem es sich reichlich in Blasen entwickelt. Durch die Wirkung des freiwerdenden Chlors nimmt die Platte verschiedene leicht erkennbare Farben an: es sind die der dünnen Platten oder durchgelassenen Ringe, und sind denen analog, die man durch Ablagerung von Oxyden auf Metallflächen erhält.

Die Operation mufs in einem etwas hellen Zimmer vorgenommen werden, damit man die auf der Platte sich zeigenden Farbentöne wohl unterscheiden könne. Die Silberfläche färbt sich anfangs grau, dann gelblich, violettlich und geht darauf ins Bläuliche und Grünliche über; nun wird sie wieder gräulich und nimmt nach dieser Farbenreihe abermals eine rosenrothe, violette und endlich blaue Farbe an. Vor diesem zweiten Blau, wenn die Platte das zweite Violettroth angenommen hat, bricht man die Operation ab, zieht die Platte sogleich aus dem sauren Bade, wäscht sie mit destillirtem Wasser, trocknet sie, indem man sie sanft geneigt ein wenig über einer Weingeistlampe erhitzt und Luft auf die Oberfläche bläfst, um die Verdampfung zu beschleunigen.

Die so geführte Operation giebt auf der Oberfläche der silbernen oder mit Silber plattirten Platte eine dunkel violette Schicht, die sehr empfindlich ist und sich unter den günstigsten Umständen befindet, eine Färbung im Licht anzunehmen.

Die Dauer der Eintauchung in das gesäuerte Wasser, während der elektrische Strom durchgeht, darf höchstens eine Minute betragen. Um den Moment, da die Platte die gehörige Farbe hat, wohl zu erfassen, zieht man die Platte, während der Operation, mehrmals aus dem gesäuerten Wasser, untersucht sie und taucht sie sogleich wieder hinein.

Diefs Verfahren ist schneller auszuführen als zu beschreiben, und es mufs etwas rasch ausgeführt werden, um die Einwirkung des sauren Wassers auf die vom elektrischen Strom gebildete Chlorsilberschicht zu verhüten. Man kann sogar, in einem schwach erhellten Zimmer, das abwechselnde Eintauchen und Herausziehen der Platte während der Wirkung des Stroms umgehen und sie in dem sauren Wasser verweilen lassen, wenn man sie im Reflex untersucht und darnach ihre Farbe beurtheilt.

Liefse man den Strom länger wirken, so würde die Platte dunkler und selbst schwarz werden, und am Lichte keine so gute Resultate geben als die dem Violett zweiter Ordnung entsprechende Schicht. Bewahrt man die so zubereiteten Metallplatten vor dem Licht, so behalten sie lange Zeit die weiterhin zu beschreibende Eigenschaft und verändern sich wenig. Noch mufs ich bemerken, dafs ehe man eine zubereitete und getrocknete Platte in Gebrauch nimmt, man sie mit einem baumwollenen Tupfbällchen streichen mufs, wie wenn man sie mit demselben allein schwach poliren wollte. Dieses Bällchen nimmt eine Art Flaum von der Oberfläche der Platte fort und macht sie glänzend, was den Farben mehr Lebhaftigkeit giebt.

II. Wirkung des Sonnenspectrums.

Wenn die plattirte Platte, nach dem sie beschriebenermafsen zubereitet ist, dem Tageslicht ausgesetzt wird, so dunkelt sie und erlangt endlich eine violett graue Farbe, die an die erinnert, welche gewöhnliches Chlorsilber auf die Länge annimmt; projicirt man aber auf ihre Fläche ein Sonnenspectrum, welches durch eine Linse von 50 Centm. Brennweite stark concentrirt worden ist, so dafs es bei einer Breite von 5 bis 10 Millim. eine Länge von 4 bis 5 Centm. hat, so bemerkt man bald, dafs sie in der ganzen Strecke, wo sie von diesem Spectrum getroffen worden, und selbst darüber hinaus, einen Farbeneindruck annimmt.

Der Theil, welcher sich zuerst zu verändern beginnt,

entspricht dem Orange oder dem Roth; er nimmt eine röthliche Farbe an, die der Farbe des Spectrums an dieser Stelle entspricht. Diese röthliche Portion des photochromatischen Bildes wird bei andauernder Wirkung des Sonnenspectrums rasch dunkel und geht nach einer gewissen Zeit in Schwarz über. Die Färbung verbreitet sich sogar über den Fraunhofer'schen Strich *A*, d. h. über das Roth hinaus, d. h. bis dahin, wo die Netzhaut fast nicht mehr vom Licht ergriffen wird; in dieser Gegend nimmt die Platte eine flohbraune oder dunkle Amaranthen-Farbe an, welche den Uebergang des Roth im Spectrum zum Violett anzudeuten scheint. Das prismatische Grün markirt sich gut in Grün auf der Platte; ebenso prägen das Blau und das Violett ihre Farbe der Oberfläche ein. Nur das Gelb und das Orange sind wenig sichtbar, allein sie erscheinen deſsungeachtet in den ersten Momenten der Wirkung des Spectrums.

Die Farben des photochromatischen Bildes, obwohl denen des Spectrums entsprechend, sind indeſs dunkel, desto dunkler, je länger die Wirkung dauert; besonders jenseits *A* ist der Lichteindruck dunkel. Das Blau, das Indigo und das Violett des Spectrums sind die schönsten Parthien des photochromatischen Bildes; sie zeigen die lebhaftesten Farben.

Bleibt man bei einer schwachen und raschen Bestrahlung stehen, so bekommt man ein sanftes, wie das Spectrum gefärbtes Bild, gleichsam ein Andenken (*souvenir*) vom Spectrum. Alle Hauptfarben finden sich darin und es ist nur zu bedauern, daſs bei fortgesetzter Einwirkung diese anfänglichen Farben sich nicht halten. Im Allgemeinen kann man sagen, daſs es, bei allen Versuchen, die ersten Momente der Wirkung des Spectrums sind, wo die photochromatischen Farben sich am meisten den prismatischen nähern.

Wir haben vorhin gesagt, daſs beim äuſsersten Roth das Abbild rasch dunkle und in dunkles Flohfarben übergehe; allein jenseits des Violetts zeigt sich auch eine Wir-

kung. Bekanntlich hört im Spectrum bei *H* das Violett bald auf sichtbar zu seyn und darüber hinaus findet man nur noch ein ziemlich schwaches Lavendelgrau. In dem photochromatischen Bilde setzt sich die violette Farbe jenseits *H* fort und geht sogar weiter; es bildet sich ein gräulicher Schweif, welcher sehr hervortritt, wenn man das concentrirte Spectrum 10 bis 15 Minuten lang wirken läfst. Allein, wenn man die Platte behaucht, ist es merkwürdigerweise besonders der von den lavendelblauen Strahlen betroffene Theil, wo sich die Wasserdämpfe verdichten; und auf diese Weise kann man sogar nach einer ziemlich kurzen Bestrahlung die Wirkung jenseits des Violetts im Spectrum nachweisen. Der Wasserdampf, indem er sich vorzugsweise auf die zwischen *G* und *H*, bis über *P* hinaus liegenden Portionen absetzt, zeigt in dieser Gegend eine ganz eigenthümliche Wirkung der Sonnenstrahlen an.

Dieser Effect erzeugt sich in den Gegenden, wo das gewöhnliche Chlorsilber und selbst manches Silbersalz sich färbt. Diefs und die Thatsache, dafs ich diese zweite Wirkung bei verschiedenen Zubereitungen der photochromatischen Substanz nicht immer beobachtet habe, lassen mich glauben, dafs man je nach der Darstellungsweise ein Gemenge zweier Substanzen habe, von denen die eine die Farben giebt, die andere aber sich wie das gewöhnliche weifse Chlorsilber verhält und sich jenseits des Violetts verändert.

Kurz wenn das Spectrum auf eine mit gehöriger Vorsicht galvanisch zubereitete Chlorsilberfläche wirkt, so ertheilt es dieser Fläche Farben, die den seinigen ganz entsprechen aber matter sind. Gelb und Orange sind kaum wahrnehmbar, aber Roth, Grün, Blau und Violett sind sehr schön. Jenseits des Roths und des Violetts zeigen sich die besonderen Effecte, deren vorhin erwähnt wurde.

III. Wirkung der Wärme auf die photochromatisirbare Substanz.

Das eben beschriebene Verfahren hat den Vortheil obwohl dunkle, doch schönere Farben zu geben, als irgend

eine andere Methode, allein der Zufall hat mich gelehrt, die schon zubereitete Platte einer Behandlung zu unterwerfen, die sie unter ganz andere Bedingungen versetzt, und zeigt, wie grofse Modificationen dieser so ungewöhnlich für das Licht empfindlichen Substanz beigebracht werden können. Diese Behandlung besteht darin, dafs man die zubereitete Platte im Dunklen erhitzt, oder besser in einem schwach beleuchteten Zimmer, damit die Umwandlung der Substanz durch seine Farbenänderungen besser beurtheilt werden könne. Zu dem Ende legt man die zubereitete Platte auf einen kleinen Dreifufs von 2 Decimeter Höhe, mit der versilberten Fläche oberwärts, und erwärmt sie allmälig und gleichmäfsig, indem man die Flamme einer Weingeistlampe darunter herumführt. Sobald die Temperatur nahe an 100° C. kommt, bemerkt man, dafs die empfindliche Schicht eine schwach röthliche Farbe annimmt; bei fortgesetzter Erwärmung wird sie rosenroth und endlich bei einer gewissen Temperatur unter der Rothgluth schmilzt das Chlorsilber; vor diesem Punkt mufs man sich hüten.

Auf die so behandelte Platte wirkt das Licht anders als auf die nicht erhitzt gewesene. War die Temperatur etwas beträchtlich, so giebt diffuses oder weifses Licht einen weifsen und zwar positiven Eindruck, statt des negativen, den die nicht erhitzte Platte giebt; überdiefs sind die Farben des photochromatischen Bildes klar und haben nicht das dunkle Ansehen, welches sie zuvor besafsen.

War die Platte wenig erhitzt worden, so dafs sie eine Holzfarbe, d. h. eine etwas röthliche Farbe besitzt, so malt sich das Spectrum mit allen seinen Farben gut ab. Das Gelb erscheint so gut wie das Grün. Blau und Violett werden vortrefflich; Orange und Roth auch gut; allein immer erscheint jenseits des Striches *A*, am äufsersten Roth, die Amaranthen- oder Flohfarbe und diese Portion des Bildes erlangt zuletzt eine schwarze Farbe. Was den Eindruck jenseits des Violetts betrifft, so ist er im Allgemeinen schwächer, allein wir werden weiterhin auf ihn zurückkommen, wenn wir von dem Mittel reden, durch

welches man ihn vernichten kann. Das weifse Licht, obwohl positiv auf die Platten wirkend, giebt nur eine graue Farbe und kein schönes Weifs, wie im Fall wo die Erhitzung stärker war.

Operirt man mit stärker erhitzt gewesenen Platten, so wird das Bild des Spectrums klarer, aber die verschiedenen Farbentöne verschwinden immer mehr und mehr. Ist die empfindliche Schicht rosenroth, so zeigt das photochromatische Bild nur noch die rothen, blauen und violetten Farben recht deutlich. Grün und Gelb erscheinen in einem schwach gelblichen Weifs; dagegen aber giebt das weifse Licht eine schön weifse Farbe, und die Floh- oder Amaranthenfarbe am äufsersten Roth ist nicht mehr wahrnehmbar.

War endlich die Platte bis zum anfangenden Schmelzen des Chlorsilbers erhitzt gewesen, so erscheint das photochromatische Bild in gelblichem Weifs auf einem dunkleren röthlichen Grund, nur an den Enden gefärbt, einerseits blau, ins Violette fallend, andrerseits roth. Die dazwischen liegenden Farben sind verschwunden und ersetzt durch einen weifsen, schwach gelblichen Farbenton.

In dem Maafse also, als die empfindliche Substanz einer höheren Temperatur ausgesetzt gewesen ist, geben die grünen, gelben und gelbrothen Farben, d. h. die mittleren Theile des Spectrums, ein weifses Bild, und dieses ist dadurch eben sichtbarer; dagegen aber wirkt das weifse Licht in der Weise, dafs der weifse Eindruck, den es giebt, mit Papierweifs zu vergleichen ist. Es ist also zur Erlangung guter Resultate nothwendig, die Platte zu erhitzen. Allein da andrerseits die Farben immer mehr verschwinden, wenn die Erhitzung der Platte über einen gewissen Punkt hinausgegangen ist, so mufs man sie dergestalt regeln, dafs die Farben schön seyen und dennoch von allen im Spectrum vorhandenen keine fehle. Dazu schien mir am besten, dafs die empfindliche Schicht eine schwach röthlich violette oder Holzfarbe habe. Um sie zu erlangen, genügt es, wie zuvor gesagt, die auf einen Dreifufs gelegte Platte

so weit zu erhitzen, bis sich die violette Farbe in Roth zu verwandeln anfängt. Auf dieser Schicht malen sich das Gelb, Orange und Grün des Spectrums deutlich ab, allein jenseits des Striches *A* zeigt sich noch die Flohfarbe und das weifse Licht giebt eine graue Farbe, statt einen weifsen Eindruck darzubieten. Es bedarf zur Darstellung dieses Präparats einiger Uebung, auch wäre möglich, dafs mir noch einige experimentelle Bedingungen entgingen, denn von mehren gemeinschaftlich auf dieselbe Weise zubereiteten Platten gaben einige sehr gute, andere schlechte Resultate. Ich mufs überdiefs erinnern, dafs man vor der Erhitzung der mit Chlorsilber überzogenen Platte, oder selbst nachher, dieselbe mit etwas Baumwolle überfahren mufs, um die empfindliche Schicht glänzend zu machen.

Den merkwürdigen Einflufs der Erhitzung auf das Verhalten zum Licht kann man an einer und derselben Platte darthun. Dazu braucht man nur nach dem beschriebenen Verfahren eine etwas lange Platte zuzubereiten und sie an einem Ende stark zu erhitzen, während man sie am anderen, wenigstens nahezu, in der gewöhnlichen Temperatur erhält. Man erreicht diefs, indem man die Platte zur Hälfte auf einen Dreifufs legt und zur andern Hälfte auf eine Kupfermasse von gewöhnlicher Temperatur. Man hat alsdann vom erhitzten Ende bis zum andern eine Reihe von Zonen, in denen die empfindliche Schicht einer verschiedenen Temperatur-Erhöhung ausgesetzt gewesen ist. Projicirt man nun successiv ein Spectrum auf diese verschiedenen Zonen, so wird man den Unterschied in der Wirkungsweise des Spectrums und alle vorhin erwähnten Effecte derselben deutlich wahrnehmen.

Es bleibt zu wissen übrig, bis zu welchem Grad man erhitzen müsse, um diese verschiedenen Effecte mit Sicherheit zu erhalten. Ich gebrauchte zu dem Ende Bäder von siedendem Wasser und Metalllegirungen. Bei Legirungen liefs ich die Metalle in einem etwas gröfseren Gefäfse schmelzen und stellte auf die Oberfläche des geschmolzenen Bades ein Schälchen von Eisenblech, so grofs wie die Platte.

Das Schälchen nimmt die Temperatur des Metallbades an, und die hineingelegte Platte ebenfalls. Um sicher zu seyn, dafs man bei der Schmelztemperatur arbeite, liefs man das Metall schmelzen, setzte das Schälchen auf dessen Oberfläche, nahm das Metallbad vom Feuer, und legte die Platte erst in dem Moment in das Schälchen, da man das Metall erstarren sah. Ich operirte mit geschmolzenem Blei und mit Legirungen von Blei und Zinn. Beim schmelzenden Blei ist die Temperatur zu hoch, denn die empfindliche Schicht erlangt eine violette Rosenfarbe, welche bei der Wirkung des Spectrums kein Gelb und Grün giebt. Mit der Legirung aus gleichen Theilen Zinn und Blei ist die Temperatur niedriger und mit ihr erhält man eine empfindliche Schicht, die gute Effecte liefert. Allein, wenn man einige Minuten lang entweder im Ofen oder in dem auf dem Metallbade erhitzten Schälchen eine Temperatur von 100° C. anwendet, erhält man die Holzfarbe, d. h. jene röthlich violette Farbe, von der ich vorhin gesprochen habe, und welche grüne und gelbe Farbentöne bei der prismatischen Bestrahlung giebt [1]). Hat man indefs erst ein wenig Uebung, so kann man sich durch die Farbe der empfindlichen Schicht leiten lassen und die Erhitzung mit der Weingeistlampe vornehmen.

Bei Allem diesen haben wir vorausgesetzt, dafs man mit einem kleinen, stark concentrirten Spectrum arbeite. Diese Methode hat den Vortheil, dafs man schnell arbeiten und in kurze Zeit viele Versuche machen kann. Will man gröfsere photochromatische Bilder haben, so bedarf es einer längeren Zeit, einer oder zwei Stunden. Eine noch beträchtlichere Zeit ist erforderlich, wenn man mit einem Bündel Sonnenstrahlen operiren will, das, nach Auffangung mittelst eines Heliostats, durch eine längliche Spalte im Fensterladen in ein finsteres Zimmer geleitet worden ist. Das Spectrum ist länglich, und wird es mittelst einer

1) Seit der Vorlegung dieses Aufsatzes habe ich erkannt, dafs eine Erwärmung von etwa 80° C., einige Minuten fortgesetzt, hinreicht, um schöne photochromatische Bilder vom Spectrum zu liefern.

Linse concentrirt, so zeigt es die schwarzen Striche Fraunhofer's; allein die Lichtstärke ist geringer, als wenn es von einem durch ein rundes Loch gegangenen Bündel gebildet worden ist. Ich habe recht reine Abbilde des Spectrums genommen, welche die Striche sehr deutlich zeigen. Dennoch konnte ich, obwohl das Spectrum, zufolge seiner Bildungsweise, seine Lage nicht änderte, in den photochromatischen Bildern nur die Hauptstriche unterscheiden, d. h. *A*, *B*, *C*, *F*, *H* u. s. w.; die kleinen Striche schienen mir nicht sichtbar zu seyn. Diefs Resultat brachte mich auf die Vermuthung, dafs die Dicke der empfindlichen transparenten Schicht zu einer Art Irradiation Anlafs gebe, vermöge welcher die anhaltende Wirkung der Lichtstrahlen sich nicht blofs auf die getroffenen Punkte beschränke, sondern sich noch ringsum dieselben ausbreite, woraus dann folgt, dafs die feinen Striche des Spectrums verschwinden müssen. Ich äufsere diese Vermuthung nur mit Rückhalt, wiederhole aber, dafs in den Bildern nur die Hauptstriche sichtbar waren. Untersucht man ein wohl gerathenes Bild vom Spectrum, das auf einer Platte von der erwähnten Holzfarbe bereitet worden ist, so gewahrt man in der Lage der Farbenzonen des Spectrums und denen des photomatischen Bildes eine genaue Correspondenz; die Linie *F* finden sich so gut zu Anfange des Blau wie im Lichtspectrum, und *D* in der Mitte des Gelb.

Beobachtet man die Bilder, die auf stark erhitzt gewesenen Platten dargestellt worden sind, so findet man, dafs das Maximum der Wirkung dem Gelb oder dem Maximum der Lichtstärke des Spectrums entspricht; operirt man aber mit Platten, die nicht oder nur schwach erhitzt wurden, so scheint das Roth sich ebenso rasch als das Gelb des Spectrums einzuprägen. Das Maximum der Wirkung des photochromatischen Bildes scheint also nach dem Roth hinaufzurücken. Unter diesem Umstande markirt sich der Doppelstrich *A* mit grofser Nettigkeit und die dunkle Amaranthfarbe erstreckt sich weiter, bis aufserhalb des Spectrums.

Ich habe versucht, die Farben der verschiedenen Portionen des Spectrums mit den entsprechenden seines photochromatischen Bildes direct zu vergleichen, bin aber zu keinem genügenden Resultat gelangt. Denn erstlich wird das einmal erzeugte Bild bei fernerer Aussetzung an das Licht verändert, und dann ist, wegen der Politur der Platte, jede Farbe gemischt aus diffusem Licht und der eignen Farbe der empfindlichen Schicht, die, je nachdem das Sonnenlicht mehr oder weniger stark auf die Platte gewirkt hat, mehr oder weniger verändert ist. Ich habe also auf diesen Vergleich verzichten müssen; allein ich glaube, es geht aus der Reihenfolge der prismatischen Farben, aus den Farbenveränderungen in denselben Theilen, wo diese Veränderungen in dem Lichtspectrum geschehen, und aus der Reproduction der zusammengesetzten Farben, wie das Bister u. s. w., von welcher weiterhin bei Behandlung der Reproduction der farbigen Bilder die Rede seyn wird, aufs Einleuchtendste hervor, dafs die Lichtstrahlen die ihnen eigenen Farben der so merkwürdigen Substanz, deren Bereitung ich beschrieb, einzuprägen trachten.

IV. Wirkung der Schirme.

In einer früheren Abhandlung habe ich die Wirkung farbloser und farbiger Schirme, zur Auffangung und Durchlassung der Strahlen von verschiedener Brechbarkeit, die sich verschiedenen chemisch empfindlichen Substanzen einprägen, sorgfältig studirt [1]). Ich habe gezeigt, dafs die farblosen Schirme, d. h. diejenigen gebildet aus Substanzen, welche die zwischen den äufsersten Gränzen *A* und *H* des sichtbaren Spectrums liegenden Strahlen nicht absorbiren, in Bezug auf gewisse empfindliche Substanzen gefärbt seyn können, insofern diese Schirme im Stande sind, aufserhalb dieser Gränzen liegende Strahlen zu absorbiren. Da im Allgemeinen die eines Lichteindrucks fähigen Körper denselben nicht blofs zwischen den äufsersten Gränzen der Lichtstrahlen erleiden, und das Maximum der Intensität der

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. IX. p.* 257.

activen Strahlen gewöhnlich nicht mit dem Maximo der Lichtstärke des Spectrums zusammenfällt, so ist es nicht zu verwundern, dafs die durchsichtigen Schirme nicht gleiche Wirkungen auf Körper wie Chlorsilber, Guajakharz, Jodsilber u. s. w. hervorbringen, da diese nicht zwischen denselben Gränzen der Strahlen empfindlich sind wie die Netzhaut. Ich habe überdiefs beobachtet, dafs die absorbirende Wirkung verschiedener farbloser Schirme, starrer wie flüssiger, die ich versuchen konnte, sich jenseits des Violetts, dort, wo das Chlorsilber sich so schnell schwärzt, in ungleichem Grade äufsert; dafs einige dieser Strahlen sogar die jenseits *H* liegenden Strahlen gänzlich auffangen.

Ich will unter andern nur der wäfsrigen Lösung des schwefelsauren Chinins erwähnen, des merkwürdigsten Körpers, den ich beobachtet habe. (Man löst dazu 1 bis 2 Grm. schwefelsauren Chinins in $\frac{1}{2}$ Liter Wasser, das man durch ein Paar Tropfen Schwefelsäure angesäuert hat). Ein etwa 1 oder 2 Centm. dicker Schirm von dieser Flüssigkeit, in die Bahn eines Bündels Sonnenstrahlen gestellt, nimmt die jenseits des Striches *H* liegenden Strahlen fast gänzlich fort; allein da diese Strahlen nur sehr schwach auf die Netzhaut wirken, so folgt daraus, dafs die Substanz farblos seyn mufs. Wirklich ist diefs der Fall, nur besitzt die Lösung die Eigenschaft, bei grofser Dicke im Daraufsehen blau, und im Durchsehen gelblich zu seyn.

Aus dem Vorhergehenden folgt, dafs ein Schirm aus einer Lösung von schwefelsaurem Chinin, vor der Bildung des Spectrums in die Bahn von Sonnenstrahlen gestellt, das Spectrum verhindern mufs, jenseits *H* auf die empfindliche photochromatische Substanz zu wirken, und eben so den gräulichen Eindruck zu machen, der nach dem S. 517 Gesagten, jenseits des Violetts in den Bildern des Spectrums entsteht. Diefs wird auch beobachtet und das erhaltene Bild des Spectrums ist bei den Strichen *A* und *H* abgegränzt. Die merkwürdige Wirkung dieses Schirms ist sehr schätzbar und hat mir zu allen Untersuchungen gedient,

von denen ich weiterhin die Resultate beibringen werde. Vermöge der Absorption, welche diese Flüssigkeit auf die Strahlen des äufsersten Violetts ausübt, kann man wirklich machen, dafs die empfindliche photochromatische Substanz nur zwischen denselben Gränzen wie die Netzhaut einen Eindruck erhält.

Es giebt andere Flüssigkeiten, welche diese Eigenschaft mit der Lösung des schwefelsauren Chinins theilen, jedoch in geringerem Grade; dergleichen sind: Kreosot, Bittermandelöl u. s. w. (Siehe die erwähnte Abhandlung.) Unter den starren Substanzen, die ich untersuchte, besitzt auch der Dichroit diese Fähigkeit; doch gebe ich, wegen ihrer kräftigeren Wirkung, der Lösung des schwefelsauren Chinins den Vorzug.

Bisher war nur von der Wirkung der Schirme auf die jenseits des Violetts liegenden Strahlen die Rede; damit indefs die Substanz, mit der man arbeitet, nur zwischen denselben Gränzen wie die Netzhaut empfindlich sey, müfste man auch die jenseits des Roth *A* liegenden, die Platten stark schwärzenden Strahlen fortnehmen können; allein ich kenne keinen Schirm, der diese Eigenschaft besitzt. Bläut man Wasser schwach durch ein Kupfersalz, so verschwindet zwar diefs äufserste Roth und damit auch die Flohfarbe, die bei den photochromatischen Spectren entsteht; allein man darf nicht mit diesen Substanzen arbeiten, denn wenn man die Platten erhitzt, wie §. III. gesagt worden, so reducirt man die Wirkung jenseits des Rothen stark und kann sie sogar ganz vernichten. Man darf also blofs einen Schirm von schwefelsaurem Chinin anwenden, welcher die jenseits des Violett liegenden Strahlen absorbirt.

Da sich die photochromatische Substanz im Spectrum mit allen Farbentönen desselben färbt, so mufs sie auch unter farbigen Schirmen, z. B. gefärbten Gläsern, der Wirkung des Tages- oder Sonnenlichtes ausgesetzt, die Farben dieser annehmen; allein es sind dazu gewisse Vorsichtsmafsregeln nöthig. Zuvörderst darf man mit keiner eben

zubereiteten und nicht erhitzt gewesenen Platte arbeiten; denn da diese im weifsen Lichte eine dunkelviolette oder schwarze Farbe annimmt, so mischt sich diese Farbe unter gewissen Schirmen oder Gläsern der von diesen erzeugten Farbe bei und verdeckt somit die Färbung, welche man beobachten soll. Es ist also nöthig mit zubereiteten und erhitzt gewesenen Platten zu arbeiten, wie im §. III. gesagt worden, und dann auf die Schirme einen flüssigen Schirm von schwefelsaurer Chininlösung zu legen, damit die jenseits des Violetts befindlichen Strahlen die Wirkung nicht compliciren. Man begreift nämlich, dafs es hier noch viel wichtiger ist als bei den Abdrücken des Spectrums sich dieses flüssigen Schirms zu bedienen, da bei dem Spectrum die graue Färbung zum Spectrum hinausgeworfen wird, bei den farbigen Gläsern aber diese eigenthümliche Färbung sich derjenigen, die man beobachten will, beimischt. Die Schwierigkeiten, auf die man stöfst, um auf erhitzt gewesenen Platten alle Nüanzen der farbigen Gläser zu erhalten und zugleich unter einem weifsen Glase ein sehr reines Weifs hervorzubringen, sind dieselben, welche in §. III. bei den prismatischen Bildern angegeben wurden. Ist die Platte zu sehr erhitzt gewesen, so giebt das farblose Glas ein sehr weifses Biid, allein die gelben und grünen Gläser geben ein gelbliches. Ist die Platte nur wenig erhitzt gewesen, so geben die gelben und grünen Gläser Abbilder von der Farbe dieser Gläser; allein das rothe Glas giebt, vermöge der Wirkung der äufsersten rothen Strahlen, eine dunkle Amaranthenfarbe und das weifse Glas liefert ein schmutziges Grau.

Mit etwas Sorgfalt läfst sich indefs eine Platte bereiten, welche die verschiedenen Farben der farbigen Gläser ziemlich gut giebt; nur darf man nicht erwarten, Farben zu erhalten, die den in Aquarell auf Papier zu erlangenden vergleichbar wären. Die erzeugten Farben sind schwach, aber deutlich genug, dafs Personen, die an optische Erscheinungen gewöhnt sind, darin die Abdrücke der Far-

benstrahlen erkennen können. Im Allgemeinen haben die erhaltenen Farben einen Stich ins Violette, wegen der eignen Farbe der empfindlichen Substanz.

Es giebt ein recht einfaches Mittel, um sich zu überzeugen, dafs die zusammengesetzten Tinten der farbigen Gläser, welche sich auf der empfindlichen Substanz erzeugen, wirklich herrühren von der Mischung der Farben der durch diese Gläser gegangenen einfachen Strahlen. Es besteht darin, dafs man in die Bahn eines Bündels Sonnenstrahlen, bevor man diefs Bündel durch ein Prisma brechen läfst, das zu untersuchende farbige Glas einschaltet, und dann das erzeugte Spectrum mit der empfindlichen Substanz auffängt. Das Spectrum besteht alsdann aus hellen Zonen, mehr oder weniger getrennt durch dunkle, und es bildet sich auf einer zubereiteten Platte genau ab, bis auf die in §. II und §. III. angegebenen Unvollkommenheiten, die aus der Substanz selbst entspringen.

Beispielshalber will ich annehmen, dafs man in die Bahn der Sonnenstrahlen, vor ihrer Brechung, ein durch Kobalt blau gefärbtes Glas einschalte. Ist diefs Glas nicht zu dunkel, so giebt es ein Spectrum mit drei breiten schwarzen Streifen, einen zwischen dem Roth und Orange, einen zwischen dem Orange und Grün, und einen zwischen dem Grün und Blau. Ist das Glas dunkel, so sieht man nur zwei helle Flecke, einen rothen und einen blau violetten. Fängt man diefs unterbrochene Spectrum mit einer zubereiteten Platte auf, so findet man, nach Verlauf von einer gewissen, von der Lichtstärke abhängigen Zeit, dafs das erzeugte Bild der Abdruck des Lichtspectrums ist. Da, wo sich die dunklen Streifen befinden, behält die Platte ihre eigene Farbe; da, wo das Licht durch das Glas gegangen, ist dagegen die Substanz gefärbt mit der Farbe des Lichts oder mit einer mehr oder weniger blassen Farbe, je nachdem die Platte, wie im vorherigen Paragraph gesagt, mehr oder weniger erhitzt worden ist. Dieser, auf Bitte des Herrn **Biot** angestellte Versuch, verbunden

mit der Erzeugung der Hauptstriche des Spectrum, zeigt, dafs vom Moment an, da die Lichtstrahlen eines Theils vom Spectrum absorbirt sind, jede Wirkung auf die photochromatisch empfindliche Substanz aufhört; die Strahlung, welche auf unsere Netzhaut einwirkt, ist also offenbar eins mit der, welche die Färbung der zubereiteten Platten verursacht. Wenn ich die feinen Striche des Spectrums nicht auf Jodsilber zum Vorschein bringen konnte, so glaube ich, wie schon gesagt, rührt diefs von einer durch die Dicke der empfindlichen Schicht bewirkten Irradiation her.

Ich schliefse diesen Paragraphen mit Erinnerung an die Folgerungen, welche schon in der vorhin erwähnten Abhandlung gezogen wurden [1]), nämlich, dafs es eine und dieselbe Strahlung ist, welche sowohl die bei vielen Substanzen beobachteten chemischen Effecte als auch die Phosphorescenz- und Licht-Effecte veranlafst, und dafs diese so verschiedenartigen Effecte nicht von einer Modification des wirkenden Agens, sondern von der Verschiedenheit der empfindlichen Substanzen herzuleiten sind.

V. Von der Uebertragung colorirter Kupferstiche u. s. w. und von den Bildern der Camera obscura [2]).

Da die verschiedenen Strahlen des Sonnenspectrums analoge Farben wie die ihrigen auf der in dieser Abhandlung beschriebenen empfindlichen Substanz hervorbringen und sich überdiefs die Silberplatten so zubereiten lassen, dafs weifses Licht als Weifs auf ihre Fläche wirkt, so folgt, dafs wenn man auf diese Platten ein Strahlengemisch projicirt, welches zu zusammengesetzten Farben Anlafs giebt, diese Farben wie die einfachen Farben zum Vorschein kommen müssen. Wenn man also auf eine zubereitete Platte einen colorirten Kupferstich legt, die bedrucke Seite mit der Platte in Berührung, dann das Papier mit einer Glas-

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. IX. p.* 321.

2) *Reproduction des estampes colorés par décalcage etc.*

Glastafel auf die Platte drückt und nun das Ganze dem Sonnen- oder Tageslicht aussetzt, so findet man nach längerer oder kürzerer Zeit, die von der Lichtstärke und der Papierdicke abhängt, die Zeichnung mit ihren Farben übertragen. Auf die Glastafel mufs man eine klare, platte, mit schwefelsaurer Chininlösung gefüllte Glasflasche legen, damit die jenseits des Violetts liegenden Strahlen entfernt werden. Dadurch werden die weifsen Stellen schöner. Wenn das Papier der Zeichnung dick ist und man die Platte zuvor erhitzt hatte, kann man zwar diesen flüssigen Schirm entbehren, aber immer ist es vortheilhaft ihn anzuwenden.

Es stellen sich hier dieselben Uebelstände ein, deren wir im §. III. bei Gelegenheit des Erhitzens der Platten gedachten. Um ein schönes Weifs zu erhalten, darf man diese Operation nicht unterlassen, sonst erhält man ein graues oder violettes Weifs. Hatte man aber zu stark erhitzt, so erscheinen blofs die rothe, blaue, braune und violette Farbe, und die gelbe und grüne sind kaum sichtbar. Waren dagegen die Platten nicht erhitzt, so erscheint zwar die gelbe und die grüne Farbe, aber nicht das Weifs. Man mufs also, nach den Vorschriften des §. III., bei einer schwachen oder bis 100° getriebenen Erhitzung stehen bleiben und sich mit mattem Weifs begnügen, um nur die verschiedenen Farben auf der Platte zu erhalten. Ueberhaupt markiren sich, bei Uebertragung farbiger Zeichnungen, blofs die lebhaften Farben in genügender Weise, und die blassen Farben erscheinen nur sehr schwach, weil nämlich die durchgelassenen Farben der Zeichnung nicht sehr lebhaft sind, und das diffuse Licht, welches durch das Papier dringt, auf die Platte einwirkt.

Glasmalereien müfsten sich offenbar mit grofser Lebhaftigkeit der Farben auf die Platten übertragen lassen; ich hatte aber keine zur Disposition, um mit ihnen experimentiren zu können.

Noch besser mufs die Fixirung der Bilder der Camera obscura gelingen, da deren Farben so lebhaft und, bei gu-

ter Construction der Objective, kaum mit diffusem Lichte gemengt sind. Hier aber kommt die Zeit in Betracht, was bei der Uebertragung von Kupferstichen, wegen der ungeheuren Stärke des Lichts, welches das Papier durchdringt, nicht der Fall ist. Um eine Idee zu geben von der Zeit, die wegen der schwachen Intensität der Bilder der Camera obscura und wegen der, wenn ich so sagen darf, Faulheit der Substanz, zur Erzeugung farbiger Eindrücke erforderlich ist, will ich bemerken, dafs eine Camera obscura, die mit einem guten Doppel-Objectiv versehen ist und Daguerreotyp-Portraite in Quartformat liefert, erst nach zehn oder zwölf Stunden ein gutes Bild von einem anderthalb Meter vom Objectiv aufgestellten colorirten Kupferstich giebt, und doch mufs der Kupferstich während dieser Zeit dem vollen Sonnenschein ausgesetzt werden.

Ungeachtet dieser Langsamkeit ist es mir, nach vielen Versuchen, gelungen, einige Bilder darzustellen, welche schönere Farben zeigen als die bei Uebertragung von Kupferstichen erhaltenen. Die gelben und grünen Farben waren gut, die rothen, blauen, violetten und weifsen sogar vortrefflich; aber landschaftliche Ansichten mifslangen, da sich das Laub nur mit schwachen, grünlichen Farben abmalte. Ich schreibe dieses schlechte Resultat der geringen Intensität dieses grünen Lichtes, so wie der Schwierigkeit zu, die Erhitzung der Platten so zu leiten, dafs sie zugleich die grünen und die weifsen Farben geben. Uebung und Widerholung führt vielleicht dahin; ich betrachte indefs diese Aufgabe für eine secundäre und habe mich nicht dabei aufgehalten, da ich weifs, dafs für jetzt kein Nutzen für die Künste daraus zu ziehen ist.

Wie auf S. 513 (in der Anmerk.) gesagt ist, erhält man eine Chlorsilberschicht, die weit empfindlicher als die mittelst der Säule dargestellte, wenn man eine recht blanke plattirte Platte in eine Lösung von Kupferchlorid taucht, sie nach wenigen Augenblicken rasch herauszieht und abwäscht, sobald man sieht, dafs sie eine gelbliche, dem Violettblau erster Ordnung vorangehende Farbe besitzt. Diese

Platte nimmt nämlich den Lichteindruck mehr als zehn Mal schneller an als eine sonst irgendwie bereitete, und giebt Weifs im weifsen Licht, ohne der vorherigen Erhitzung zu bedürfen; allein die Farben sind immer grau und nur in den ersten Augenblicken sind die erzeugten Farben denen der wirkenden Strahlen gleich. Da ich nach zahlreichen Versuchen keine Nüancen erhielt, die denen mit der Säule nahe kamen, so zog ich die letztere Bereitungsweise vor, ungeachtet der Langsamkeit des dabei stattfindenden Lichteindrucks.

VI Verschlechterung der Bilder am Licht.

Im Dunklen können die photochromatischen Bilder und die der Camera obscura unendlich lange aufbewahrt werden; allein am Lichte verschlechtern sie sich, und fahren fort, sich zu verändern, je nach der Farbe der Strahlen, mit denen man sie beleuchtet. Legt man eins dieser Bilder unter ein rothes oder ein blaues Glas, so verschwindet es und die Fläche wird roth oder blau. Wäscht man eine mit einem photochromatischen Bilde bedeckte Platte mit einem Lösemittel des weifsen Chlorsilbers z. B. mit einer Lösung von Ammoniak, unterschwefligsaurem Natron, Chlornatrium, alkalischen Chlorüren etc., so verschwinden alle Farben und es bleibt, in Weifs auf gebräuntem Grunde der Platte, nur eine Spur des Spectrums oder der Umrifs des Bildes der Camera obscura. Dieser farblose Umrifs zeigt, dafs gleichzeitig mit der Färbung der empfindlichen Substanz eine chemische Reaction stattfindet, weil diese weifse Spur, welche an den zuvor vom Licht getroffenen Stellen zurückbleibt, alle Kennzeichen eines sehr zarten Pulvers von metallischem Silber besitzt, das sich bei geringster Reibung fortnehmen läfst. Dieses Resultat zeigt also, dafs man auf einer und derselben Platte nicht verschiedene Bilder durch abwechselnde Bestrahlung mit verschiedenen Lichtern hervorbringen kann, denn, nach einer gewissen Zeit, wenn auf die Oberfläche hinlänglich eingewirkt ist, wird sie, weil sie chemisch zersetzt worden,

ungeschickt Farben zu geben. Wäscht man sie dann mit Ammoniak, so bleibt auf der Platte ein Staub von metallischem Silber.

Die Erklärung des Phänomens der Färbung scheint hiernach sehr verwickelt zu seyn. Für jetzt werde ich keine Theorie darüber aufstellen, sondern nur sagen, dafs die empfindliche Schicht möglicherweise ein Silbersubchlorid ist, und dafs, bei der Zersetzung dieses Subchlorids und der Ueberführung desselben in einen Zustand von geringerer Chlorung durch Wirkung der Strahlen, die wirkenden Strahlen, in Folge eines beim gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft nicht weiter erklärlichen Effects, ihre eigene Farbe diesem Subchloride einprägen, d. h. verursachen, dafs es, wenn es vom diffusen Licht getroffen wird, vorzugsweise Strahlen von gleicher Brechbarkeit mit den aufgefallenen reflectirt.

Dafs die photochromatisch empfindliche Schicht ein Subchlorid sey, stütze ich auf folgenden Versuch.

Man nehme weifses, frisch gefälltes und im Dunklen wohlgewaschenes Chlorsilber, streiche es auf Papier oder eine matte Glasplatte aus, bedecke es zur Hälfte mit einem opaken Schirm und setze den nicht bedeckten Theil schwachem Lichte aus. Wirft man nun ein Sonnenspectrum auf diese zur Hälfte schon veränderte (*impressionnée*), zur Hälfte noch unveränderte (*non impressionnée*) Fläche, so, dafs die Trennungslinie beider Theile das Spectrum der Länge nach halbirt, so kann man die gleichzeitige Wirkung des Spectrums auf das veränderte und nicht veränderte Chlorid verfolgen. Man sieht alsdann, nach Verlauf einer gewissen Zeit, wenn alles diffuse Licht gehörig entfernt worden ist, dafs vom Blau an bis jenseits des prismatischen Violetts das veränderte und das nicht veränderte Chlorid gleichmäfsig violett gefärbt sind, dafs dagegen vom Roth bis zum Blau das nicht veränderte Chlorid durch eine halbstündige Einwirkung des Spectrums nichts gelitten, während auf dem ursprünglich veränderten Chlorid das Roth eine

schwache Rosenfarbe und das Grün eine grünliche Farbe hervorgerufen hat. Wenn man statt des weifsen, wohl gewaschenen Chlorids ein photogenisches Papier, das salpetersaures Silber in Ueberschufs enthält, anwendet, so sind die Erscheinungen verwickelter und die Färbung kann gänzlich verdeckt seyn. Man beobachtet alsdann vom Blau bis zum Roth Stetigkeits-Effecte (*effects de continuation*), die ich vor mehreren Jahren beschrieben habe.

In Betreff der chemischen Veränderungen, die hier eintreten können, mufs ich noch einer recht sonderbaren Thatsache erwähnen, deren Erklärung vielleicht später, bei besserer Kenntnifs dieser Erscheinungen, gefunden wird.

Unter den Lösungen, welche die Farben der photochromatischen Bilder zerstören, nämlich das Subchlorid des Silbers in sich auflösendes Chlorid und zurückbleibendes Silbermetall zerlegen, ist die wirksamste ohne Zweifel die Ammoniakflüssigkeit. Wäscht man mit dieser Flüssigkeit ein Abbild des Spectrums, so verschwindet, wie schon gesagt, jegliche Färbung, und das Spectrum erscheint als ein gräulicher Streifen auf dem braunen Grund der Platte. Untersucht man aber diesen Streifen, wenn er noch feucht ist, mit Aufmerkamkeit, so sieht man, dafs das Ende, welches vor der Waschung roth war, eine schwach grünliche Farbe hat, während das zuvor violette Ende ins Bläuliche schielt. Diese Farben, die complementar zu den frühern sind, verschwinden beim Trocknen der Platte. Man findet sie auch gleich nach der Waschung der photochromatischen Bilder, die von farbigen Kupferstichen abgenommen sind, so lange die Platte noch feucht ist. Es herrscht hier also eine Tendenz zur Erzeugung complementarer Farben, vor allem bei den zuvor rothen Theilen. Für jetzt ist eine Erklärung dieser Erscheinungen unmöglich.

Ich habe alle Arten von Reactionen versucht, um die Bilder unveränderlich im Lichte zu machen, aber vergebens; man müfste das Subchlorid zersetzen und ihm sein Chlor nehmen können, ohne dafs seine Farbe verschwände.

Alle bisher gemachten Versuche aber waren fruchtlos; so wie die Substanz verändert ward, verschwanden auch die Farben. (Der Verfasser schliefst die Abhandlung mit einem Rückblick und einigen Folgerungen, die indefs nichts Bemerkenswerthes enthalten.)

VI. *Notiz über das elektrische Verhalten krystallisirter Körper von H. Wiedemann.*

Nachdem ich im 76. Bande dieser Annalen S. 404 mich zu zeigen bemüht, dafs das elektrische Leitungsvermögen der Krystalle nach verschiedenen Richtungen verschieden sey, und dafs namentlich Elektricität, welche auf einen Punkt eines Krystalles gebracht wird, sich bei optisch positiven Krystallen senkrecht gegen die Richtung der optischen Axe, bei optisch negativen in der Richtung derselben am weitesten verbreitet, versuchte ich, ob, wie die krystallinische Beschaffenheit eines Körpers die Richtung der Elektricität in ihm bedingen kann, so auch umgekehrt die Elektricität, wenn ihr eine bestimmte Richtung angewiesen ist, im Stande sey, einen Krystall in eine bestimmte Lage zu stellen. Ich ging hiebei von folgender Betrachtung aus. Man denke sich in der Ebene zweier paralleler Schneiden, oder zwischen zweien Spitzen, deren eine Elektricität gegen die andere ausströmt, eine kreisförmige Scheibe eines schlechten Leiters (Glas), auf der parallele Streifen eines besseren Leiters (ein Stanniolstreifen) aufgeklebt sind, und ihren Mittelpunkt beweglich und isolirt aufgehängt. Offenbar wird die Scheibe sich dann so stellen, dafs die leitenden (Stanniol-) Streifen die Verbindungslinien der die Elektricität ausströmenden und ableitenden Schneide oder Spitze abgeben, dafs also die Elektricität bei ihrem Uebergang durch die Scheibe möglichst wenig Widerstand erleidet. Ein Krystallblättchen, etwa ein Gypsblättchen,

das wie die erwähnte Scheibe aufgestellt ist, mufs sich dann gerade so legen, dafs die Richtung seiner besten Leitungsfähigkeit mit der Richtung der oben erwähnten Stanniolstreifen zusammenfällt. Da sich indefs eine solche Krystallscheibe sehr schwer vollkommen kreisrund und glattrandig darstellen läfst, da ferner die Verschiedenheiten in der Leitung nach verschiedenen Richtungen nicht so sehr bedeutend seyn mögen, und endlich die Krystalle selbst sehr schlecht leiten, so ist der genannte Versuch schwierig anzustellen, und es geräth leicht das Krystallblättchen in eine durch die elektrische Abstofsung oder, bei ungleicher Stellung der Spitzen oder Schneiden, durch den elektrischen Wind bedingte Rotation. Ich sann deshalb darauf, die Elektricität auf eine andere Art auf die Krystalle einwirken zu lassen, und gelangte bald, nachdem ich auch die Unzulänglichkeit eines von den meisten Krystallen wenig oder nicht geleiteten galvanischen Stroms eingesehen, auf die Anwendung der durch einen Magnet inducirten Molecularströme. Diese Anwendung lag um so näher, als bei den diamagnetischen Versuchen des Herren Plücker sich schon eine Verschiedenheit der Krystalle nach ihren verschiedenen Richtungen gezeigt. Ich vermuthete gleich, in Folge der Annahme, der Magnet könne durch senkrecht gegen die magnetischen Kraftlinien laufende Molecularströme ersetzt werden, dafs die Krystalle, wenn der Einflufs ihrer äufseren Gestalt aufgehoben ist, sich zwischen den Polen des Magnetes so richten, dafs jene Molecularströme mit der Richtung der besten Leitungsfähigkeit der Krystalle zusammenfallen, dafs also die Krystalle stets die Lage annehmen, dafs die Längsrichtung einer auf ihrer Fläche gebildeten elektrischen Figur die aequatoriale Stellung hat. Hr. Plücker hat jedoch behauptet, dafs bei allen Krystallen die optische Axe von den Polen des Magnetes abgestofsen würde; hiernach wäre also meine Vermuthung nur in Bezug auf die optisch negativen Krystalle begründet gewesen. Ich stellte daher auch mit optisch positiven Krystallen, wie Gyps, Cölestin, Schwerspath, die

diamagnetischen Versuche an, und fand auch bei diesen, daſs die auf ihre Fläche gebildete elektrische Figur sich aequatorial stellte, die optische Axe also angezogen wurde, und diejenige Lage des Krystalls zwischen den Magnetpolen, welche nach den Angaben des Hrn. Plücker als labil bezeichnet werden muſs, eine stabile sey. Auch vom Feldspath, welcher nach meinem ersten Aufsatz eine Ausnahme von der dort allgemein aufgestellten Regel macht, richtete sich ein parallel der Säulenfläche geschliffenes vollkommen spaltenfreies Stück so, daſs die elektrische Figur darauf aequatorial stand. Diese Versuche, an deren Veröffentlichung und weiteren Ausdehnung mich nur der Mangel an bedeutenderen Apparaten hinderte, mit welchen ich ihnen die zur vollständigen Begründung nöthige Sicherheit und Genauigkeit hätte geben können [1]), sind neuerdings durch den so eben erschienenen Brief des Hrn. Plücker an Hrn. Faraday [2]) bestätigt, in welchem er mittheilt, daſs er die Abstoſsung der Axen nur bei optisch negativen Krystallen bestätigt fand, bei optisch positiven jedoch, eine Anziehung derselben durch die Magnetpole beobachtete. Nach diesem neuen Gesetz würde sich dann meine Bemerkung, daſs die Krystalle zwischen den Magnetpolen stets die Lage annehmen, daſs die elektrische Figur mit ihrer Längsrichtung aequatorial steht, oder daſs die durch den Magnet inducirten Molecularströme in die Richtung der besten Leitungsfähigkeit des Krystalles fallen, im Allgemeinen vollkommen bestätigen.

Demselben Ideengange folgend, versuchte ich ferner, ob, gerade wie die elektrische Molecularströme schon vorhandene Krystalle zu richten vermöchten, sie dieſs ebenso bei der Bildung entstehender Krystalle thäten, und fand, indem ich in einem Reagirglase Wismuth schmolz, und es

1) Ich experimentirte mit einem kleinen selbstgefertigten Elektromagnet, dessen Schenkel 4″ lang und $\frac{1}{2}$″ dick, mit je 100 Windungen von 1^{mm} dickem Kupferdraht umgeben und durch ein Grove'sches Element von etwa 16 Quadratzoll Platinoberfläche in Thätigkeit gesetzt wurden.

2) *Philos. Magazine Vol.* 34. *p.* 450. (*June* 1849).

zwischen den Polen des Magnetes erkalten liefs, dafs die erstarrte Masse frei aufgehängt, nach dem Erkalten dieselbe Lage zwischen jenen Polen annahm, die sie während des Erkaltens gehabt. Das Resultat dieses Versuches, welches mir meine geringen Mittel viel entschiedener zeigten als die Abstofsung oder Anziehung der Krystallaxen, theilte ich schon im Anfang Februar d. J. mehreren Herren hieselbst, namentlich Hrn. Prof. Magnus mit; machte es aber nicht weiter bekannt, da ich stets noch hoffte, durch Benutzung gröfserer Apparate in den Stand gesetzt zu werden, dasselbe im Zusammenhang mit den obenerwähnten Versuchen nach ihrer vollständigen Durchführung mittheilen zu können. Inzwischen ist indefs auch diese Beobachtung durch Hrn. Plücker aufgefunden worden [1]). Hat sie nun auch jetzt, so wie ebenfalls die von mir bemerkte Anziehung der optischen Axe der positiven Krystalle, nach den neueren Publicationen des Hrn. Plücker den Reiz der Neuheit verloren, so glaubte ich doch, dafs die Mittheilung meiner Bemerkungen einerseits als eine Bestätigung der Versuche des Hrn. Plücker dienen könne, andererseits auch die Uebereinstimmung, in welcher die diamagnetischen Erscheinungen bei Krystallen mit ihrer Leitungsfähigkeit nach verschiedenen Richtungen zu stehen scheinen, nicht ganz ohne Interesse seyn möchte.

Berlin den 18. Juni 1849.

VII. *Vergleichende Versuche über das Magnetisiren des Stahls mit der Spirale von Elias und mit Elektromagneten; von Hrn. Prof. J. Frick,*

Vorstand der höheren Bürgerschule zu Freiberg im Breisgau.

Im 62. Bande d. Ann. machte Elias eine Methode bekannt, Stahl mittelst elektrischer Ströme zu magnetisiren; er ver-

1) Diese Ann. Bd. 76, S. 584.

wendete dazu 7—8 Meter zu einer hohlen Spirale aufgewundenen 3 Millimeter dicken isolirten Kupferdrahtes und eine Grove'sche Kette von „$\frac{1}{3}$ Quadratfufs wirksamer Platinoberfläche". Die Wirkungen, welche er angab, waren der Art, dafs der Besitz einer solchen Spirale Jedem wünschenswerth seyn mufste. Der Cylinder von Elias hatte 25 Millimeter Länge, seine Höhlung 35 Millimeter Durchmesser und die Wand 35 Millimeter Dicke.

Ich verfertigte mir alsbald eine ähnliche Spirale aus ebenfalls 3 Millimeter dickem Kupferdrahte von 9 Meter Länge; die Höhlung desselben hat 45 Millimeter Durchmesser, die Wandstärke beträgt 27 Millimeter und ebenso viel die Länge. Diese Abweichungen waren dadurch veranlafst, dafs ich die Lamellen einer Magneto-Elektrisirmaschine mit dieser Spirale verstärken wollte. Ich hatte jedoch nur eine Hare'sche Spirale von etwa 1 Quadratfufs Zinkblech zur Verfügung, und die damit angestellten vorläufigen Versuche entsprachen meiner Erwartung keineswegs. Ich konnte nämlich wohl die Pole der Lamellen eines kleinen weichen Hufeisenmagnets, nicht aber jene eines kurzen etwas dicken sehr harten Stahlstabes umkehren und selbst im ersten Falle war der Erfolg ein unsicherer. Ich schob die Schuld natürlich auf die geringe Stromstärke.

Seitdem sind mir keine Versuche über diesen Gegenstand bekannt geworden, ausgenommen die *Verbesserungsvorschläge*, welche Böttcher im 67. Bande der Ann. zu der neuen Methode machte, worauf aber bereits Elias das Erforderliche geantwortet hat.

Vor etwa einem Jahre hatte ich Veranlassung diesen Gegenstand einer genaueren Prüfung zu unterwerfen und bessere Mittel, als anfänglich, darauf zu verwenden. Als Elektromotor dienten 6 kleine Grove'sche Elemente, deren jedes etwa 45 □ Centimeter wirksames Platinblech hatte; sie wurden zu einem verbunden und der Strom an einen ziemlich grofsen Elektromagnet geleitet, der mit einem derselben 125 Kilogramm zu fragen vermochte. Ein neuer glasharter Stab von Gufsstahl 0,303 Meter lang, 0,016 breit

und 0,0105 dick, wurde nun an diesen Magneten durch den einfachen Strich so weit als möglich magnetisirt, wobei jede Hälfte desselben gleichviel Mal über einen der Pole des Magneten gezogen wurde, ohne dafs Eisenstücke oder andere Magnete an den Stab gelegt worden wären. Auf ähnliche Art verfuhr ich in jedem Falle, wenn ich bei diesen und andern Versuchen einen Stahlstab durch einen Elektromagnet im einfachen Striche magnetisiren wollte. Die Stärke des erhaltenen Magnetismus wurde in allen Versuchen so verglichen, dafs der Stahlpol in 0,6 Meter Entfernung von einer Boussole und in gleicher Höhe mit dieser horizontal auf einen Tisch gelegt wurde; die Nadel der Boussole mifst 0,15 Meter und der Abstand wurde von der Mitte der Nadel bis zum nächsten Pole des Stabes gemessen.

Der auf die beschriebene Art magnetisirte Stab gab an der erwähnten Boussole $17\frac{1}{2}$ Grad Ablenkung, wobei wegen Mangelhaftigkeit des Apparates wohl Fehler doch höchstens von $\frac{1}{2}$ Grad möglich sind. Wenn in den später speciell angeführten Versuchen beide Pole ungleich stark waren, was öfter 1 Grad Differenz machte, so ist der Kürze wegen aus beiden Ablesungen nur das Mittel hier angegeben.

Es wurde sodann der gleiche Strom durch die Spirale von Elias geleitet und genau nach dessen Anleitung verfahren, um die Pole des Stabes umzukehren, was auch gelang; allein der Stab gab nur 5 Grad Ablenkung und konnte durch wiederholte Behandlung mit der Spirale nicht weiter gebracht werden. Beim Wiederumkehren durch die Spirale stieg jedoch seine Kraft bis zu 11 Grad. Dieser Versuch wurde öfter wiederholt, auch nachdem der Stab hafergelb angelassen war, allein der Erfolg blieb derselbe, nur erhielt ich in letzterem Falle überhaupt 1—2 Grade mehr Ablenkung.

Bei diesen Versuchen war jedoch der Elektromagnet in sofern im Vortheil gegen die Spirale, als hier eine Eisenmasse von etwa 10 Kilogramm und etwa 2 Kilogramm Kupferdraht verwendet waren. Um nun aber die Wir-

kungsweise beider Verfahrungsarten genauer vergleichen zu können, wurde ein Hufeisen aus einem Stücke deutschen Rundeisens von 27 Millimeter Durchmesser und 0,62 Meter ganzer Länge (2,8 Kilogramm schwer) gebogen; seine Schenkel haben im Lichte 45 Millimeter Abstand. Auf dieses gehörig ausgeglühte Eisen wurden sodann ebenfalls 9 Meter desselben 3 Millimeter dicken Kupferdrahtes gewunden. Als Elektromotoren dienten theils die erwähnten 6 Grove'schen Elemente, theils 6 ziemlich grofse Bunsen'sche zu einem, und abwechselnd auch 12 kleinere Bunsen'sche zur Säule aus 2 sechsfachen Elementen verbunden. Als Stäbe wurden aufser dem schon angeführten, der bis zum Verschwinden des Blau angelassen war, ein um 1 Centimeter kürzerer, sonst gleicher, noch glasharter, und ein viel dünnerer ebenfalls um 1 Centimeter kürzerer noch glasharter Stab aus Gufsstahl verwendet. Bei den Versuchen selbst war öfters die Tangenten-Boussole eingeschaltet, oder doch die Stromstärke durch dieselbe vor den Versuchen ermittelt worden; da dieselbe auf Wasserzersetzung geaicht ist, so sind in den nachstehenden Versuchen geradezu die der Ablenkung entsprechende Zahl von Cubikcentimetern Knallgas für die Minute angegeben. Die kleinern Schwankungen der Stromstärke, welche während einer Versuchsreihe eintreten, können auf die Resultate keinen Einflufs haben; sie durch den Rheostat auszugleichen, war unthunlich, da die Ströme dadurch sehr geschwächt worden wären.

Aus den zahlreichen Versuchen hebe ich nun nur folgende heraus.

1. Die Tangenten-Boussole war während des Versuchs eingeschaltet, sie ergab 98 Cub. Centm. Der gröfsere harte Stab besafs von früher einen Magnetismus von 13°, die Spirale konnte diesen Magnetismus nur bis auf $1\frac{1}{2}$° schwächen, aber nicht umkehren; als dieselbe aber zum Wiederherstellen des frühern Magnetismus angewendet wurde, konnte der Stab bis zu 9° Ablenkung gebracht

werden; der Elektromagnet dagegen konnte die Pole des Magnets bis zu 11° Ablenkung umkehren. Der kleinere harte Stab hatte von früher 6½°, die Spirale, zum Umkehren angewendet, brachte diese Abweichung nur auf 2½° herunter, ohne die Pole umzukehren [1]), stellte aber den Magnetismus bis zu 5° wieder her; der Elektromagnet kehrte auch hier die Pole um, so dafs die Ablenkung 4½° betrug. Der angelassene Stab hatte von früher Magnetismus, der 15° Ablenkung gab; er konnte durch die Spirale zwar umgekehrt, aber nur bis auf 1°, beim Wiederumkehren aber bis auf 10½ gebracht werden; der Elektromagnet ertheilte ihm 17½° Ablenkung.

2. Die Tangentenboussole zeigte während des Versuchs 160 Cub. Cent. Knallgas. Der gröfsere harte Stab hatte von früher 10½°; die Spirale, zum Umkehren angewendet, kehrte die Pole um, und sie gaben 5½°, beim Wiederumkehren durch die Spirale 10°; zum Umkehren mit dem Elektromagnet gestrichen gab der Stab 13°. Der kleine harte Stab hatte bereits eine Kraft von stark 6½°, mit der Spirale umgekehrt zeigte er 1° Ablenkung [2]), welche beim Wiederumkehren auf 5½° stieg, während der Elektromagnet die Pole auf dieselbe Stärke von 6½° umkehrte. Der angelassene Stab hatte von früher 11½°, die Spirale kehrte seine Pole um und gab ihnen 13½°, der Elektromagnet aber beim Wiederumkehren 15°.

3. Die Einschaltung der Tangenten-Boussole veranlafste eine ziemliche Schwächung des Stromes, da dieselbe weit von den Magnetisirungs-Versuchen entfernt werden mufste. Bei einer andern Reihe von Versuchen, wo die 6 gröfseren Kohlenelemente zu einem vereinigt waren, wurde daher dieselbe nur vor dem Versuche allein einge-

1) Dieser Stab ist der härteste; er ist jetzt 6 Centimeter kürzer, weil er bei einem Falle aus geringer Höhe zerbrach.

2) Ohne Anwendung von Eisenstücken an den Enden brachte ihn die Spirale auf 0 und nicht darüber hinaus; in wiefern ein solcher Zustand von Dauer seyn könne, weifs ich nicht.

schaltet; sie zeigte dabei 340 Cub. Centim. Knallgas. Nach ihrer Entfernung wurde der Elektromagnet eingeschaltet; er ertheilte dem gröfsern harten Stabe eine Ablenkung von 19°, die Spirale beim Umkehren 10° und beim Wiederumkehren 15°. Der kleinere harte Stab erhielt durch den Magnet 9½ durch die Spirale beim Umkehren 6° und beim Wiederumkehren 8°. Der angelassene Stab erhielt durch den Magneten 20°, durch die Spirale beim Umkehren 18° und beim Wiederumkehren 20° Ablenkung.

4. Gelegenheitlich wurde ein Versuch mit 32 zu vier achtfachen verbundenen Bunsen'schen Elementen gemacht; die vor dem Versuche eingeschaltete und dann wieder entfernte Boussole gab 430 Cub. Cent. Knallgas an; da aber die Elemente schon eine vierpaarige Säule bildeten, so konnte der Strom durch die nachher eingeschalteten je 9 Meter dicken Kupferdrahtes nicht sehr geschwächt werden, jedenfalls viel weniger als bei den unten No. 3 besprochenen Versuchen. Der gröfsere harte und der angelassene Stab wurden allein angewendet, sie erhielten aber durch den Elektromagnet keine gröfsere Stärke als bei den Versuchen unter No. 3., nämlich der erstere 19°, der letztere 20°, und man mufs also wohl diese Stärke als den Sättigungsgrad für diese Stäbe ansehen. Aber auch die Spirale war jetzt im Stande die Pole beider Stäbe vollkommen umzukehren und sie ganz auf dieselbe Stärke zu bringen, wie der Elektromagnet. Uebrigens war der Strom in diesem Versuche so stark, dafs die dicken Kupferdrähte so heifs wurden, so, dafs zum Theil der Schellack in dem Seidenüberzuge schmolz; auch fühlte man beim Durchführen der Stäbe durch die Spirale schon ziemlichen Widerstand, da deren Mitte in der Spirale zu bleiben suchte.

5. Bei schwächeren Strömen wurden immer auch Versuche gemacht, mit dem Elektromagnet den Doppelstrich anzuwenden. In einem solchen Versuche hatte der harte dicke Stab 11½° die Spirale zum Umkehren angewendet, brachte denselben nur auf 6° herunter, der Elektromagnet

aber auf 0° und nicht weiter beim einfachen Striche; bei der Anwendung des Doppelstrichs aber wurden die Pole umgekehrt und gaben 9°, beim Wiederumkehren 10° Ablenkung. Die Stromstärke entsprach bei diesem Versuche 65 Cub. Centm. Knallgas. Bei Strömen von der Stärke des in No. 2. besprochenen konnte jedoch der Doppelstrich nicht angewendet werden; er erzeugte stets Folgepunkte, wobei natürlich alle Vergleiche aufhörten.

Aus diesen Versuchen geht nun hervor: *a*) dafs man, wo nicht sehr starke Ströme angewendet werden, bei gleicher Stromstärke durch den Magnet mehr erreicht als durch die Spirale, und dafs dieser Unterschied bei harten Stäben gröfser ist als bei angelassenen; *b*) dafs es bei geringern Stromstärken nicht möglich ist den vorhandenen Magnetismus harter Stäbe durch die Spirale umzukehren, und dafs selbst bei stärkern Strömen oder angelassenen Stäben, wo die Umkehrung möglich ist, die umgekehrten Pole immer sehr schwach bleiben und selbst beim Wiederumkehren nicht mehr die vorige Stärke erreichen, während das Streichen mit dem Elektromagnet viel leichter die Pole umzukehren vermag; *c*) dafs aber der Unterschied zwischen beiden Verfahrungsarten mit der Zunahme des Stromes allmälig verschwindet, die Sättigung aber durch den Strich schon bei geringerer Stromstärke erreichbar ist als durch die Spirale; *d*) dafs bei schwächern Strömen das Streichen durch den Magneten noch dadurch in Vortheil kommt, dafs man den Doppelstrich anwenden kann, dessen gröfsere Wirksamkeit hier viel auffallender ist als bei Stahlmagneten.

Es dürfte demnach vortheilhafter seyn, die gleiche Stromstärke und gleiche Drahtmenge auf einen Elektromagnet zu verwenden, anstatt auf eine Spirale, namentlich wenn man harten Stahl magnetisiren will. Was jedoch die Kraft betrifft und die Zeit, welche man bei beiden Verfahrungsarten nöthig hat, um das in jedem Falle mögliche Maximum zu erreichen, so ist die Spirale gegen den Elektro-

magnet entschieden im Vortheile, wenn ich auch bei schwächern Strömen ihre Wirkung langsamer gefunden habe, als Elias angiebt.

Freiburg im September 1848. (Eingesandt im Mai 1849.)

VIII. *Ueber die Geschwindigkeit des Schalls in Flüssigkeiten; von Hrn. W. Werthheim.*

(Schlufs der Abhandlung im Heft VII.)

Die folgende Tafel enthält die Resultate der Versuche, die zu verschiedenen Zeiten des Jahres gemacht wurden, um, mittelst dieses Processes, die Geschwindigkeit des Schalls in Luft von verschiedenen Temperaturen zu bestimmen. Im ersten Theile dieser Tafel, in welchem sich die mit der Pfeife *A* angestellten Versuche befinden, wurden die Berichtigungen einzeln berechnet für die drei Combinationen, die zwischen den drei Längen möglich sind. Diese Längen sind mit I, II und III bezeichnet, ihre Combinationen in der Ordnung I und II, I und III, II und III aufgeführt. Man wird sehen, dafs die mittelst dieser Combinationen gefundenen Berichtigungen im Allgemeinen nur um einige Millimeter abweichen, und ihr Mittelwerth fast mit dem Resultat der Combination I und III zusammenfällt; bei den übrigen Versuchen genügte es also, nur die gröfste mit der kleinsten Länge zu combiniren, eine Combination, die offenbar das genaueste Resultat geben mufs. Der Mittelwerth der für jede Pfeife und jede Temperatur berichtigten Geschwindigkeit wurde mittelst der Formel

$$v_0 = \frac{v_1}{\sqrt{1 + 0{,}003665 \, . \, t}}$$

auf 0° zurückgeführt.

Taf. IV.

Taf. IV. — Schallgeschwindigkeit in Luft bei verschiedenen Temperaturen.

Temperatur.	Offene oder gedeckte Pfeife.	Länge.		Entsprech. Grundtöne.	Anzahl d. Schwing.	Geschwindigkeit unberichtigt.	Berichtigung.	Mittel.	Geschwind. d. Schalls in Luft, in Meter berichtigt.	Mittel.	bei 0°.
			mm			m	m				
0°,5	A. O.	I.	332,5	307,5	832,5	276,77	68,4	65,6	331,42	331,98	331,70
		II.	666,0	563,3	454,5	302,64	66,6		332,50		
		III.	1000,5	822,0	311,4	311,49	61,8		332,03		
2°0,	A. O.	I.	332,5	306,5	835,2	277,69	64,1	66,6	333,30	332,74	331,53
		II.	666,0	564,2	453,7	302,16	67,8		332,35		
		III.	1000,5	821,3	311,7	311,80	67,9		332,56		
4°,5	A. O.	I.	332 5	301,5	849,1	282,31	53,0	61,3	334,38	332,75	330,04
		II.	666,0	562,3	455,3	303,20	58,2		331,12		
		III.	1000,5	816,8	313,4	313,51	72,7		332,75		
8°,0	A. O.	I.	332,5	302,0	847,7	281,86	62,4	63,4	335,62	335,43	330,62
		II.	666,0	557,0	459,6	306,10	63,1		335,24		
		III.	1000,5	812,0	315,3	315,44	64,7		335,43		
8°,5	A. O.	I.	332,5	301,5	849,1	282,32	70,5	64,2	336,85	338,05	332,91
		II.	666,0	551,0	464,6	309,44	66,4		339,28		
		III.	1000,5	806,4	317,5	317,64	55,7		338,03		
12°,0	A. O.	I.	332,5	300,0	853,3	283,75	61,8	66,3	340,33	339,46	332,23
		II.	666,0	553,8	462,3	307,92	64,7		338,58		
		III.	1000,5	804,5	318,2	318,36	72,4		339,46		
12°,3	A. O.	I.	332,5	299,5	854,8	284,24	66,5	69,4	343,56	343,01	335,53
		II.	666,0	549,8	465,6	310,13	68,4		342,45		
		III.	1000,5	798,5	320,6	320,76	73,3		343,01		
16°,0	A. O.	I.	332,5	296,6	863,1	287,03	58,9	60,1	338,39	338,68	329,17
		II.	666,0	549,3	466,0	310,41	59,7		338,44		
		III.	1000,5	801,8	319,3	319,48	61,8		338,68		

Temperatur.	Offene oder gedeckte Pfeife.	Länge.		Entsprech. Grundtöne.	Anzahl d. Schwing.	Geschwindigkeit unberichtigt.	Berichtigung.	Mittel.	Geschwind. d. Schalls in Luft, in Meter berichtigt.	Mittel.	bei 0°.
			mm			m	m				
26°,6	A. O.	I.	332,5	310,0	825,8	274,58	98,3	86,1	345,68	347,82	332,01
		II.	666,0	550,0	465,4	310,00	90,1		350,07		
		III.	1000,0	800,0	320,0	320,16	70,0		347,71		
9°,0	A. O.	I.	298	306,0	836,6	249,3	128,0	101,3	333,80	338,73	333,25
		II.	631	545,0	469,7	296,4	110,0		343,80		
		III.	965	806,0	317,6	306,5	66,0		338,60		
9°,0	A. G.	I.	298	600,0	426,7	254,3	114,0	92,7	333,70	337,30	331,83
		II.	631	1085,0	235,9	297,8	98,2		341,70		
		III.	965	1610,0	159,0	306,9	65,9		336,50		
16°,0	B. O.	I.	97,5	99,5	2572,9	250,9		37,9	348,37	339,9	329,59
		II.	190,0	175,0	1462,9	277,9			334,16		
		III.	281,0	241,0	1062,2	298,5			338,74		
		IV.	373,0	310,8	823,7	307,2			338,46		
16°,0	B. G.	I.	97,5	196,0	1306,1	254,7		31,0	335,7	334,5	325,11
		II.	190,0	341,0	750,7	285,3			331,8		
		III.	281,0	478,0	535,6	301,0			334,2		
		IV.	373,0	615,0	416,3	310,5			336,3		
9°,9	B. O.	I.	97,5	95,0	2694,7	262,7		28,0	338,2	338,2	332,23
		II.	190,0	165,0	1551,5	294,8			338,2		
		III.	281,1	234,0	1094,0	307,4			338,2		
9°,9	B. G.	I.	97,5	185,0	1383,8	269,8		26,0	341,8	339,5	333,51
		II.	190,0	330,0	775,8	294,8			335,1		
		III.	281,0	460,0	556,5	312,8			341,7		
21°,0	C. O.	I.	88,0	79,0	3240,5	285,2		18,0	343,5	341,7	329,27
		II.	288,0	156,0	1641,0	308,5			338,1		
		III.	288,0	228,0	1122,8	323,4			343,6		

21°,0	C. G.	I.	88,0	157,0	1630,6	287,0		17,0	342,4	340,6	328,96
		II.	188,0	305,0	820,2	308,4			336,3		
		III.	288,0	455,0	562,5	324,1			343,2		
17°,0	D. O.	I.	100,0	104,0	2461,5	246,1		40,0	344,6	342,3	332,11
		II.	245,0	210,0	1219,0	298,6			347,4		
		III.	973,0	774,0	330,8	321,8			335,0		
11°,5	D. O.	I.	510,0	423,0	605,2	308,6		46,0	336,5	336,5	329,61
		II.	865,0	693,0	369,4	319,5			336,5		
9°,3	D. O.	I.	100,0	108,0	2370,4	237,0		40,1	332,1	332,9	327,38
		II.	256,0	230,0	1113,1	284,9			329,6		
		III.	520,0	425,0	603,8	314,0			338,2		
		IV.	869,0	700,0	365,7	317,8			332,4		
		V.	1231,0	985,0	261,2	321,6			332,0		
9°,3	D. G.	I.	100,0	200,0	1280,0	256,0		32,0	337,9	336,4	330,81
		II.	256,0	445,0	575,0	294,5			331,4		
		III.	523,0	837,0	305,9	319,9			339,5		
		IV.	1231,0	1917,0	133,5	329,8			336,6		

Nach directen Versuchen ist die Schallgeschwindigkeit in Luft bei 0° = 332,3 Meter; diese Tafel zeigt also, daſs man mittelst Orgelpfeifen die Schallgeschwindigkeit in Luft und wahrscheinlich in allen Gasen wenigstens bis auf 0,01 bestimmen kann. Eine andere Reihe von Versuchen, in welcher ich den Einfluſs des Feuchtigkeitsgrades der Luft experimentell zu bestimmen suchte, hat mir kein Resultat gegeben, indem die Unterschiede zwischen die Gränzen der Fehlergränzen fielen.

Endlich bestimmte ich die Werthe der beiden Berichtigungen für eine gewisse Anzahl Pfeifen aus verschiedenen Dimensionen, die aber alle von demselben Künstler, Hrn. Marloye, construirt und wohl angemündet waren. Da die Schallgeschwindigkeit in den Pfeifen dieselbe ist, wie in freier Luft, so kann man sich dieser letzteren bedienen, um die wahre Länge der Luftsäule in einer Pfeife zu finden. Wenn folglich bei der Temperatur t eine Pfeife von der Länge L offen die Schwingungs-Anzahl n und gedeckt die Anzahl n' giebt, so hat man:

$$x+y=\frac{332,3\sqrt{1+0,003665.t}}{n}-L.$$

$$x=\frac{332,3\sqrt{1+0,003665\,t}}{2n'}-L.$$

Für die vier Röhren A, B, C, D, deren Berichtigungen direct bestimmt wurden, haben wir in der folgenden Tafel die Werthe angegeben, die der besten Einrichtung des Mundstücks für Luft entsprachen.

Taf. V. Werthe der Berichtigungen für verschiedene Pfeifen in Luft.

	Material der Pfeife.	d. Durchmesser od. Seite des Querschnitts.	Temp. d. Luft.	Länge.	Offen od. Gedeckt.	Anzahl der Schwingungen.	x.	y.
		mm		mm			mm	
Cylindrische Pfeifen.	Blei	20	11°55	62	G	1828,6	30,7	
	-	24	-	107	O	2306,3	34,8	5,3
	-	24	-	107	G	1196,3		
	-	20	-	120	G	1153,2	27,1	
	-	42	-	120	G	901,4	68,1	
	Messing (A)	40	-	I, II, III	O	901,4	60,0	6,5
	- -	40	-	-	G	901,4		
	- (B)	20	-	-	O	901,4	28,5	4,0
	- -	20	-	-	G	901,4		
	- (C)	10	-	-	O	901,4	17,0	1,0
	- -	10	-	-	G	901,4		
	Glas * (D)	20	-	-	O	901,4	32,0	8,1
	- -	20	-	-	G	901,4		
Quadratische Pfeife.	Holz	15	-	76	O	3029,6	34,0	2,0
	-	15	-	76	G	1542,2		
	-	20	-	200	O	1354,5	48,4	2,0
	-	20	-	200	G	682,7		
	-	20	-	356	O	797,5	64,7	4,6
	-	20	-	356	G	403,1		
	-	30	-	421	O	663,2	73,2	17,2
	-	30	-	421	G	343,2		
Cylindr. Pfeife m. quadrat. Mundstück.	Zink **	50	10,50	668	O	439,9	66,1	35,8
	-	50	-	668	G	230,6		
	Glas ***	17	11,55	875	O	368,3	40,0	5,8
	-	17	-	875	G	185,4		

*) Mundstück von Messing. **) Mundstück von Messing $d = 50$. ***) Mundstück von Holz $d = 20$.

Die Berichtigung wegen des Mundstücks ist für Pfeifen aus gleichem Material beinahe dem Durchmesser proportional; für sehr enge Röhren würde sie also fast Null seyn. Die hölzernen Pfeifen geben bekanntlich einen tiefern Ton und folglich eine gröfsere Berichtigung als metallene oder gläserne Pfeifen von denselben Dimensionen. Die zweite Berichtigung ist viel kleiner als die erste; sie rührt her von einer Art Luftmeniscus, der der schwingenden Luftsäule hinzutritt und auch mit dem Durchmesser der Pfeife wächst.

Von der Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten.

Alles, was wir über die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Luft gesagt haben, gilt auch für Flüssigkeiten; nur konnte man, da die gedeckten Pfeifen, wenigstens bisher, kein genügendes Resultat gaben, blofs die Summe der beiden Berichtigungen für die offenen Pfeifen finden.

Wir haben bereits bemerklich gemacht, dafs man grofse Vorsicht anwenden müsse, um nicht die wahren Töne der Pfeife, die Töne ihrer flüssigen Säule, zu verwechseln mit keinem der anderen Töne, die häufig entstehen. Die Pfeifentöne haben denselben Klang wie in der Luft; sie schwanken mit dem Druck nur zwischen sehr engen Gränzen, und sie ändern ihre Höhe, sobald man die Länge der Säule ändert. Um sie verschwinden zu machen, braucht man nur das offene Ende zu verschliefsen, ganz oder theilweis, oder in die Säule oder das Windloch entweder einen kleinen starren Körper oder eine Luftblase zu bringen. Leichte, im Wasser schwebende Pulver hindern schon die Schwingungen, und deshalb scheiterten alle von mir unternommenen Versuche, die Schwingungsknoten sichtbar zu machen.

Zu bemerken ist, dafs man oft bei sehr schwachem Drucke die tiefe Octave des Grundtons hört; dieselbe Thatsache haben wir schon bei den Longitudinal-Schwingungen starrer Körper beobachtet [1]), man vermeidet aber

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XIX. p.* 136. (Ann. Ergänzbd. II. S. 116.)

jeden Irrthum leicht, wenn man auf die Reihe der harmonischen Töne achtet.

Die Töne des Mundstücks sind wahrhafte Zischtöne (*sons de sifflement*); sie steigen langsam und ins Unbestimmte mit dem Druck; und sie bleiben sich gleich, welche Abänderung man auch mit der Länge oder Oeffnung der Pfeife vornehmen möge. Diese Töne können mehr oder weniger intensiv seyn; allein sie verschwinden niemals ganz, weder in Flüssigkeiten noch in der Luft, und sie spielen, glaube ich, bei der Erzeugung der Pfeifentöne eine wichtige Rolle.

Man überzeugt sich leicht davon, wenn man mit einem von seiner Pfeife abgelösten Mundstück operirt. Läſst man einen Strom Luft oder Wasser in das Mundstück gelangen, so hört man einen Strom, der mit dem Druck unaufhörlich variirt und der desto höher ist als das Mundloch tiefer und der Strom intensiver ist.

Das Mundstück scheint also zu wirken, wie es jeder andere tönende Körper, z. B. eine Sirene, thun würde, der an der Mündung der Pfeife angebracht wäre. Von den tiefsten Tönen an bis zu den höchsten fortgehend, kommt das Mundstück in Unisono mit dem Grundton der Pfeife und mit dessen verschiedenen harmonischen Tönen; alsdann kommt die Gas- oder Flüssigkeitssäule in Schwingung und verstärkt den Ton des Mundstücks. Damit ein Mundstück gut sey, müssen also dessen Töne so schwach wie möglich seyn, müssen gewissermaſsen von dem Grundton der Pfeife ausgehen und leicht bis zu den höchsten harmonischen Tönen desselben steigen.

Alle übrigen etwa entstehenden Töne, die herrühren können entweder von Erzitterungen der Labien oder vom Schlottern gewisser Theile der Pfeife, oder endlich von kleinen Luftblasen, die, ins Windloch gerathend, als wahrhafte Zungen wirken, alle diese Töne unterscheiden sich durch ihre Beständigkeit, durch ihre Stärke und ihren ganz verschiedenen Klang, und es ist immer leicht sie verschwinden zu lassen.

Taf. VI. Tonreihe in Wasser.

Pfeife.	Länge.	Werthe von l experimentell gefund. für d. Reihe der harmonischen Töne.	Mittelwerthe von l für d. Grundton, berechn. aus den harmon. Tönen.
	mm		
A	332,5	80,5	80,5
	666,0	154; 76	154; 152
	1000,5	232 bis 229; 114,5; 75	230,5; 229; 225
	332,5	84; 42	84; 84
	666,0	159; 77,5; 53,5	159; 155; 160,5
	1000,5	233; 116; 77; 58	233; 232; 232; 232
	298,0	82; 41	82; 82
	629,0	156; 77	156; 154
	963,0	224; 111; 73; 55; 36	224; 222; 219; 220; 216
	216,0	66,5	66,5
	550,0	150; 63; 47; 36	150; 146; 141; 144
	884,0	239; 121; 79	239; 242; 237
	216,0	67	67
	550,0	142; 71; 46	142; 142; 138
	884,0	225; 111; 53	225; 222; 212
B	94,0	26,5	26,5
	185,0	47,5; 24	47,5; 48
	275,0	71; 36; 22	71; 72; 66
C	88,0	22	22
	188,0	40,5; 20	40,5; 40
	288,0	64; 32; 21	64; 64; 63
D	240,0	53	53
	520,0	119; 58; 41; 30	119; 116; 123; 120
	869,0	195; 96; 64,5; 49	195; 192; 193,5; 126
	1012,0	230; 114; 75; 56	230; 228; 225; 224
	1231,0	265; 130; 87; 65; 52; 38	265; 260; 261; 260; 260; 266

Die aus den successiven harmonischen Tönen berechneten Werthe des Grundtons zeigen im Allgemeinen einen abnehmenden Gang, allein die Unterschiede sind viel weniger beträchtlich als sie es bei den analogen Versuchen mit der Luft waren; es hat also weniger Schwierigkeiten die entsprechenden Grundtöne zu bestimmen. Die Wiederholung der Reihe von Tönen unter sehr verschiedenen Drucken beobachtet sich im Wasser leichter und häufiger noch als in der Luft. Hier einige Beispiele davon:

Länge.	Erste Reihe.	Zweite Reihe.	Dritte Reihe.
mm			
0,963	237; 76	234; 118	
0,963		238; 119; 78; 57	120
1,000	244; 122	244; 120; 82	265
0,333	85,5	84; 42	85
0,865	195; 94	195; 66; 49; 38,5	
1,231	268; 133; 89; 43	267 bis 262; 130; 66; 54; 43; 38	

Oft geschieht es sogar, dafs ein und derselbe Druck zugleich zwei harmonische Töne erzeugt, die zu zwei aufeinanderfolgenden Reihen gehören, und besonders häufig beobachtet man die Coëxistenz der Töne 1 und 3. Die Unregelmäfsigkeiten, die man bisweilen in der Ordnung des Aufeinanderfolgens der Töne bemerkt, sind wahrscheinlich derselben Ursache zuzuschreiben. Trifft man nämlich Reihen wie diese: 1, 3, 2, 3, 4 . . . so läfst sich vermuthen, dafs der in dieser Reihe eingeschaltete Ton 3 einer vorhergehenden Reihe angehöre.

Tafel VII. — Reihe der Töne und Drucke (letztere in Millimet. Quecksilber ausgedrückt).

Pfeife.	Länge. mm	Grundton. l_1	Grundton. p_1	Ton 2. l_2	Ton 2. p_2	Ton 3. l_3	Ton 3. p_3	Ton 4. l_4	Ton 4. p_4	Ton 5. l_5	Ton 5. p_5	Entsprech. Grundtöne.
A.	298	87	211									87
	631	162	89	81	244	55	372					162
	965	238	36	119	94	77	167	57	243			238
	298	85	78	41	273	29	726					85
	631	160	60 b. 70	81 b. 79	201 b. 313			37	699			159
	965	240 b. 237	27 b. 48	118	87	78	211	60	335			234
	216	67	127	34 b. 33	527							67
	550	143 b. 140	30 b. 42	71 b. 70	129	45	238	33	356			141
	884	220 b. 217	10 b. 20	108	73							216
B.	97,5	27 b. 26	256									26,5
	190	48 b. 47	100 b. 200	23 b. 24	466 b. 500							47,5
	281	70 b. 68	43 b. 87	34	136	22	300					67,0
C.	88	23 b. 22	164 b. 338									22,5
	188	43 b. 42	77 b. 120	21	360 b. 500							42,5
	288	67	50	32	227	21						64,5
D.	507	112 b. 110	99 b. 133	56 b. 55	294 b. 557	36	746					110
	1231	268	10 b. 20	133	41	90 b. 89	100 b. 200					266
	520	118	114	59 b. 58	400 b. 632							117
	869	195	36 b. 59	95	124	65	393	49	560 b. 660	38,5	800	193,5
	973	213	21 b. 25	106,5	95 b. 149	71	227 b. 322	56	395 b. 584	45	698	213

Wenn man nicht mit sehr verschiedenen Längen arbeitet, kann man sich des Beobachtens der Drucke überheben. Die Werthe des Grundtons, berechnet aus den ersten harmonischen Tönen, stimmen unter sich so gut überein, dafs es gewöhnlich hinreicht, daraus das Mittel zu nehmen. Die Fehler, welche man bei solchem Verfahren begehen kann, fallen zwischen die Gränzen der bei Berechnung dieser hohen Töne unvermeidlichen Fehler.

Taf. VIII. — Berechnung der Drucke.

Pfeife.	Länge.	p_1	$\frac{p_2}{2^2}$	$\frac{p_3}{3^2}$	$\frac{p_4}{4^2}$	$\frac{p_5}{5^2}$
	mm					
A	298,0	211				
	631,0	89	61	41		
	965,0	36	23	19	15	
	298,0	78	68	69		
	631,0	60 b. 70	50 b. 78			
	665,0	27 b. 48	22	23	21	
	216,0	127	132			
	550,0	30 b. 42	32	26	22	
	884,0	10 b. 20	18			
B	97,5	256				
	190,0	100 b. 200	116 b. 125			
	281,0	43 b. 87	34	33		
C	88,0	164 b. 338				
	188,0	77 b. 100	90 b. 125			
	288,0	50	57			
D	507,0	99 b. 133	73 b. 139	83		
	1231,0	10 b. 20	10	11 b. 22		
	520,0	114	100 b. 158			
	869,0	36 b. 59	31	44	35 b. 41	32
	973,0	21 b. 25	34 b. 37	25 b. 35	25 b. 36	28

Diese Zahlen sind, ohne gerade absolut mit einander zu stimmen, doch hinreichend, um zu beweisen, dafs das Gesetz der successiven Drucke dasselbe ist für Wasser wie für Luft.

Tafel IX. — Schallgeschwindigkeit in einer Wassersäule bei Temperaturen von 10—20° C.

Pfeife.		Länge.	Grundtöne entsprechend l.	Anzahl d. Schwingungen.	Geschwindigkeit unberichtigt.	Berichtigung.	Mittel.	Schallgeschwindigkeiten in Wasser berichtigt.	Schallgeschwindigkeiten in Wasser Mittel.
		mm			m	m		m	
A[1])	I.	332,5	80,5	3180,1	1057,5	37,8		1147,2	
	II.	666,0	153,0	1673,2	1114,5	31,7	28,5	1161,5	1154,6
	III.	1000,5	228,0	1122,8	1123,3	16,0		1155,0	
	I.	332,5	81,5	3141,1	1044,4	38,5		1215,2	
	II.	666,0	154,8	1653,7	1101,6	48,2	54,3	1191,3	1203,3
	III.	1000,5	224,5	1140,3	1140,8	76,3		1202,8	
	I.	332,5	82,0	3122,0	1038,2	42,1		1205,1	
	II.	666,0	155,0	1651,6	1100,1	49,1	53,4	1188,4	1196,7
	III.	1000,5	225,5	1135,2	1135,8	69,1		1196,5	
	I.	332,5	87,0	2942,5	978,4	54,4		1178,4	
	II.	666,0	162,0	1580,2	1052,5	62,9	67,9	1159,9	1169,1
	III.	1000,5	234,0	1094,0	1094,6	86,6		1168,9	
	I.	332,5	91,0	2813,2	935,3	86,0		1158,7	
	II.	666,0	163,5	1564,8	1042,8	81,0	78,4	1165,5	1161,6
	III.	1000,5	238,0	1075,6	1076,2	68,3		1160,5	
	I.	332,5	95,0	2694,7	896,0	89,9		1205,6	
	II.	666,0	170,0	1505,9	1002,9	105,2	113,8	1174,3	1189,5
	III.	1000,5	240,0	1066,7	1067,2	146,4		1188,6	
	I.	298	85,0	3011,8	897,5	84,5		1142,4	
	II.	631	159,0	1610,1	1015,9	82,5	81,3	1146,9	1144,7
	III.	965	234,0	1094,0	1055,7	77,0		1144,7	

	I.	298	87,0	2942,6	876,9	88,2		1127,6	
	II.	631	162,0	1580,2	997,1	86,3	85,2	1131,8	1129,7
	III.	965	238,0	1075,6	1038,0	81,0		1129,6	
	I.	298	86,0	2976,8	887,1	111,4		1188,6	
	II.	631	155,5	1646,3	1035,3	104,7	101,3	1202,3	1195,3
	III.	965	228,0	1122,8	1081,3	87,9		1195,0	
	I.	298	98,0	2612,3	778,4	152,4		1161,1	
	II.	631	170,0	1505,9	947,0	148,4	146,5	1167,8	1164,9
	III.	965	224,0	1049,2	1010,4	138,8		1164,0	
	I.	216	67,0	3820,9	825,3	86,5		1142,1	
	II.	550	141,0	1815,6	998,6	84,4	82,9	1149,1	1145,7
	III.	884	216,0	1185,2	1047,7	77,9		1146,0	
	I.	216	68,0	3764,7	813,2		95,1	1171,2	1171,2
	II.	550	141,0	1815,6	998,6			1171,2	
	I.	216	66,5	3849,6	831,5	56,5		1219,2	
	II.	550	148,0	1729,7	951,3	79,2	100,7	1125,5	1168,8
	III.	884	217,0	1179,7	1042,9	166,5		1161,7	
B	I.	97,5	26,5	9660,4	941,9	19,2		1184,4	
	II.	190	47,5	5389,5	1024,0	23,0	25,1	1158,7	1170,7
	III.	281	67,0	3820,9	1076,1	33,2		1169,2	
C	I.	88	22,5	11378,2	1001,5	24,5		1186,7	
	II.	188	42,5	6023,6	1132,5	19,1	16,3	1230,6	1208,4
	III.	288	64,5	3969,0	1143,1	5,2		1207,8	
D	I.	507	110,0	2327,3	1179,9		3,5	1188,1	1188,1
	II.	1231	266,0	962,4	1184,7			1188,1	

1) Bei den ersten sechs Versuchen wurde das Mundloch allmälig verengt; in Folge deſs vertieften sich die Töne, die Berichtigungen nahmen zu, und man fand somit die Gränzen, zwischen denen die letzteren variiren können. Gleiches gilt von den folgenden Versuchen.

Pfeife.		Länge.	Grundtöne entsprechend *l*.	Anzahl d. Schwingungen.	Geschwindigkeit unberichtigt.	Berichtigung.	Mittel.	Schallgeschwindigkeiten in Wasser berichtigt.	Mittel.
		mm			m			m	
D	I.	520	117,0	2188,1	1137,8		5,8	1150,5	1150,1
	II.	870	195,0	1313,0	1142,3			1149,8	
	I.	240	53,0	4830,1	1159,2			1219,1	
	II.	435	93,0	2752,7	1197,4			1203,5	
	III.	507	110,0	2327,3	1180,0		12,4	1208,8	1204,9
	IV.	735	163,0	1570,6	1154,4			1173,9	
	V.	1240	263,0	973,4	1207,0			1219,1	
	I.	520	117,0	2188,1	1137,8			1177,2	
	II.	869	193,2	1325,1	1151,5			1175,6	
	III.	973	213,0	1201,9	1169,4		18,0	1164,0	1173,2
	IV.	1012	224,0	1143,0	1156,6			1177,2	
	I.	210	50,0	5120,0	1075,2		20,0	1177,6	1177,6
	II.	325	75,0	3413,3	1109,4			1177,6	
								Mittelwerth	1173,4.

Diese Tafel enthält nur einen Theil der angestellten Versuche, deren Resultate sämmtlich wie diese zwischen dieselben Gränzen fielen; sie stimmten im Allgemeinen bis auf 10 Meter mit dem gefundenen Mittelwerth, der, so kann man annehmen, die Geschwindigkeit des Schalls in einer Wassersäule von der mittleren Temperatur 15° C. bis auf ein Hundertel ausdrückt. Diese Geschwindigkeit ist viel geringer als die, welche die Hrn. Colladon und Sturm durch directe Versuche gefunden haben [1]). Dieser Unterschied würde nach der alten Theorie von der Bewegung der Flüssigkeiten unerklärlich seyn, da man nach dieser Theorie eine Gleichheit des Drucks nach allen Richtungen statuirt, selbst während der raschen Vibrationen, die den Ton erzeugen oder fortpflanzen.

In einer anderen Abhandlung habe ich bewiesen [2]), dafs sich die Schallgeschwindigkeit in einer unbegränzten Masse zu der in einen Faden von derselben Substanz verhält wie $\sqrt{\frac{3}{2}} : 1$; diefs theoretische Resultat ist noch durch keinen directen Versuch bestätigt worden.

In der That ist das Wasser der einzige von allen starren oder flüssigen Körpern, bei welchen man diese beiden Geschwindigkeiten durch den Versuch bestimmen konnte. Nehmen wir also für einen Augenblick an, dasselbe Gesetz gelte auch für Flüssigkeiten. Berechnet nach dem oben gefundenen Mittel, hat man die Schallgeschwindigkeit in einer unbegränzten Masse Wasser von der Temperatur 15° C. $= 1173,4 \times \sqrt{\frac{3}{2}} = 1437,1$ Meter. Die directe Beobachtung gab bei 9° C. die Zahl 1435 Meter. Die Coïncidenz dieser beiden Zahlen zeigt, dafs das Gesetz wirklich für Flüssigkeiten gültig ist, und dafs demnach die Gleichheit des Drucks in allen Richtungen nicht bei den Schallschwingungen stattfindet, vielmehr eine flüssige Säule, die longitudinal vibrirt, denselben Ton giebt wie ein starrer Stab, dessen Materie dieselbe kubische Compressibilität besitzt wie die Flüssigkeit.

1) Diese Ann. Bd. 12, S. 171.

2) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. XXIII. p.* 52.

Daraus folgt, dafs die Gesetze des Gleichgewichtes starrer Körper auch für Flüssigkeiten gelten, während eines sehr kurzen Zeitabschnitts nach Anlegung äufserer Kräfte. Könnte man also eine flüssige Säule frei aufhängen, könnte man an ihren beiden Enden einen instantanen Zug anbringen und könnte man in diesem Augenblick ihre Länge und ihr Volumen messen, so würde die Volumszunahme nur ein Drittel der Verlängerung seyn und man könnte beide aus der kubischen Compressibilität berechnen. Endlich mufs das Gesetz der Molecular-Attraction dasselbe seyn für flüssige wie für starre Körper.

Ist diefs Verhältnifs zwischen den beiden Geschwindigkeiten einmal festgestellt, so können wir für alle übrigen Flüssigkeiten, aus der Schallgeschwindigkeit in einer Säule, die Geschwindigkeit in einer unbegränzten Masse und die Compressibilität der Flüssigkeit berechnen. Diese letztere ist bereits bei einer ziemlich grofsen Zahl von Flüssigkeiten direct bestimmt; der Vergleich der von diesen beiden Methoden gegebenen Werthe der Compressibilität würde also ein neues Mittel geben, das eben gefundene Verhältnifs zu bestätigen.

Ehe ich zu den Versuchen mit dem kleinen Apparat übergehe, will ich einige mit Meerwasser angestellte besprechen. Es war wichtig, diese Bestimmung mit möglichster Genauigkeit zu machen, weil sie nicht allein durch Compressions-Versuche, sondern auch durch einen directen Versuch im Meer bestätigt werden konnte. Ich bediente mich also des grofsen Apparats und bereitete 180 Liter Meerwasser nach der Analyse von Marcet, gemäfs welcher 1000 Th. Meerwasser enthalten:

26,6	Chlornatrium
4,66	schwefelsaures Natron
1,232	Chlorcalcium
5,145	Chlormagnesium.

Tafel X.

Tafel X. — Schallgeschwindigkeit in Meerwasser von der Temperatur 20° C. Dichtigkeit 1,0264.

Pfeife.	Länge.	Berichtigungen.	*l*.	Anzahl d. Schwingungen.	Schallgeschwindigkeit unberichtigt.	Schallgeschwindigkeit berichtigt.
	mm	mm				
A	216,0	76,3	63	4063,5	877,7	1187,7
	550,0	76,3	136	1882,5	1035,3	1187,9
	884,0	76,3	207	1236,7	1093,3	1187,7
A [1])	216,0	223,1	94	2723,4	588,3	1195,9
	884,0	223,1	237	1080,2	954,9	1195,9
B	97,5	26,5	27	9481,5	924,5	1175,7
	190,0	26,5	47	5446,8	1034,9	1182,0
	281,0	26,5	66	3878,8	1090,0	1192,8
	445,0	26,5	101	2534,6	1127,9	1195,1
	535,0	26,6	124	2064,5	1104,5	1159,2
	895,0	26,5	203	1261,1	1128,7	1161,8
D	210,0	18,7	48	5333,3	1120,0	1219,7
	415,0	18,7	94	2723,4	1130,3	1181,2
	540,0	18,7	120	2133,3	1152,0	1191,9
	728,0	18,7	165	1555,1	1129,5	1158,6
	1225,0	18,7	261	980,8	1201,5	1219,9
					Mittel	1187,0.

Nach diesem Mittel ist die Schallgeschwindigkeit im Meer bei 20° C. = 1453,8 Meter.

Zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit im Wasser bei höherer Temperatur konnte man sich nicht des großsen Apparats bedienen, weil sich, bei anfangender Erhitzung und schon bei 30° C., Luftblasen aus dem Wasser entwickeln, sich an das Mundloch und an die Innenwand der Pfeife setzen und die Bildung des Tons verhindern. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, und um jede Flüssigkeit in einer constanten Temperatur erhalten zu können, umgab man den Behälter *A* des kleineren Apparats mit einer gröfseren Hülle und füllte den ringförmigen Raum zwischen beiden entweder mit heifsem Wasser oder mit einer Kältemischung; indem man dann die Flüssigkeit fortwährend durch alle Theile des Apparats circuliren liefs, hatte man ihn bald für die ganze Dauer des Versuchs auf eine constante Temperatur gebracht.

1) Das obere Labium war nicht recht fest.

Um die im Wasser enthaltene Luft auszutreiben, liefs man eine hinreichende Menge mehre Stunden lang sieden und gofs es noch siedend in den kleinen Apparat, dessen Behälter zuvor erhitzt worden war. Die Erkaltung geschah dann so langsam, dafs man die Schallgeschwindigkeit von 10 zu 10°, von 60° an bis herab zu 20° beobachten konnte.

Die Tafel XI enthält die Resultate dieser Versuche mit Wasser und einer gewissen Anzahl anderer Flüssigkeiten. Die Dichtigkeiten bei jeder Temperatur, in Bezug auf die von destillirtem Wasser bei 4°, sind in der dritten Spalte angeführt; sie sind mittelst der Stöpselflasche des Hrn. Regnault bestimmt worden.

Die siebente Spalte enthält die Werthe der Grundtöne, ausgedrückt in Saitenlängen. Ich bemerke, dafs in dem kleinen Apparat die Pfeifen kürzer und die Töne höher und schwächer, folglich schwieriger zu bestimmen sind als in dem grofsen; auch dürfen die Resultate für nicht genauer als höchstens auf 0,04 gehalten werden.

Aus demselben Grunde war es schwierig die Berichtigungen für jede Flüssigkeit mit hinreichender Genauigkeit zu finden; allein in vielen Fällen konnte man sich dieser Bestimmung überheben. Vergleicht man nämlich die vorstehenden Versuche mit Luft und mit Wasser untereinander, so sieht man, dafs die Berichtigungen für eine und dieselbe Pfeife beinahe gleich geblieben sind, so lange nicht am Mundstück gerührt wurde. Im Allgemeinen sind sie für Wasser etwas geringer als für Luft; allein diese Unterschiede, die niemals 5 Millmet. übersteigen, sind in Bezug auf den Unterschied der Dichtigkeiten zu vernachlässigen, und sie verschwinden gänzlich, wenn man das Wasser mit einer anderen Flüssigkeit vergleicht. Jedes Mal also, wo man die Berichtigung nicht mit hinlänglicher Genauigkeit berechnen konnte, bediente man sich ihres früher für dieselbe Pfeife durch die Versuche mit Wasser gefundenen Werthes. Die Berichtigungen sind in der sechsten Spalte der folgenden Tafel enthalten und man wird die direct bestimmten leicht unterscheiden, weil bei ihnen

die berichtigten Geschwindigkeiten, welche der gröfsten und der kleinsten Pfeifenlänge entsprechen, strenge gleich sind.

Die Drucke folgen für die anderen Flüssigkeiten demselben Gesetze wie für Luft und für Wasser, und ihre absoluten Werthe nehmen zu mit der Dichtigkeit der Flüssigkeiten. Da ich aber kein festes Verhältnifs zwischen diesen beiden Gröfsen gefunden habe, so glaubte ich überhoben zu seyn, die Drucke in nachstehender Tafel anzuführen.

Tafel XI. — Schallgeschwindigkeit in verschiedenen Flüssigkeiten.

Flüssigkeiten.	Temperatur. C°	Dichte.	Pfeife.	Länge. mm	Berichtigung.	*l.*	Zahl der Schwingg.	Schallgeschwindigkeit unbericht. m	Schallgeschwindigkeit berichtigt. m	Mittel.
Seinewasser	30°	0,9963	*A*	216,0	81,5	64,0	4000,0	864,0	1190,0	
				547,0	81,5	129,0	1984,5	1085,5	1247,3	
				216,0	105,4	66,0	3878,8	837,8	1246,7	1250,9
				547,0	105,4	130,0	1969,3	1077,2	1284,7	
			B	190,0	26,5	45,0	5688,9	1080,9	1232,0	
			D	1215,0	18,7	242,0	1057,9	1285,3	1305,0	
dito	40,0	0,9931	*A*	216,0	81,5	60,0	4266,6	901,6	1269,3	
				547,0	81,5	120,0	2133,3	1167,0	1340,8	
				216,0	105,4	62,5	4096,0	884,7	1316,5	1324,8
				547,0	105,4	125,0	2048,0	1120,2	1336,1	
			D	1215,0	18,7	232,0	1103,5	1340,7	1361,3	
dito	50,0	0,9893	*A*	216,0	81,5	57,0	4491,2	970,1	1336,2	
				547,0	81,5	123,0	2081,3	1138,5	1308,1	
				216,0	105,4	62,0	4129,0	891,9	1327,0	1349,0
				547,0	105,4	123,0	2081,3	1138,5	1357,8	
			D	540,0	18,7	101,0	2534.7	1368,7	1416,1	
dito	60,0	0,9841	*A*	216,0	81,5	56,0	4571,5	987,4	1360,0	
				547,0	81,5	110,0	2327,3	1273,0	1462,7	
				216,0	105,4	61,0	4196,7	906,5	1352,0	1408,2
				547,0	105,4	120,0	2133,3	1166,9	1391,8	
				540,0	18,7	97,0	2639,1	1425,2	1474,5	

Concentr. Lösung v. Chlornatrium, 26,92 Proc. Salz enthaltend.	18,0	1,1920	*A*	216,0	82,0	59,0	4339,0	937,2	1298,0	1275,0
			B	97,5	26,5	25,0	10240,0	998,4	1269,7	
				190,0	26,5	44,0	5818,2	1105,5	1259,7	
				281,0	26,5	62,0	4129,2	1160,3	1269,7	
			D	210,0	18,7	46,5	5505,4	1156,2	1259,1	
				325,0	18,7	68,0	3764,7	2223,5	1293,9	
Lös. v. schwefels. Natron, 11,78 Proc. wasserfr. Salz enthaltend.	20,0	1,1089	*A*	216,0	80,4	63,0	4063,5	877,7	1204,4	1245,2
				550,0	80,4	134,0	1910,5	1050,8	1204,4	
				216,0	78,7	60,0	4266,7	921,6	1257,4	
				550,0	78,7	128,0	2000,0	1100,0	1257,4	
			B	281,0	26,5	65,0	3938,5	1106,7	1211,1	
				520,0	26,5	108,0	2370,4	1232,6	1295,4	
			D	366,0	18,7	80,0	3200,0	1171,2	1231,0	
				540,0	18,7	110,0	2327,3	1256,7	1300,2	
Concentr. Lösung von schwefelsaur. Natron, 16,86 Proc. wasserfr. Salz enthaltend.	18,8	1,1602	*A*	216,0	64,0	57,0	4491,2	970,1	1257,5	1292,9
				550,0	64,0	125,0	2048,0	1126,4	1257,5	
			B	190,0	32,5	45,0	5688,9	1080,9	1265,8	
				445,0	32,5	96,0	2666,6	1186,7	1273,3	
				535,0	32,5	110,0	2327,3	1245,1	1320,5	
			D	520,0	18,7	102,0	2509,8	1305,1	1352,0	
				545,0	18,7	109,0	2348,6	1280,0	1323,9	
Concentr. Lösung von kohls. Natron, 17,18 Proc. wasserfr. Salz enthaltend.	22,2	1,1828	*A*	216,0	82,5	59,0	4339,0	937,2	1295,3	1301,8
				550,0	82,5	125,0	2048,0	1126,4	1295,3	
			B	190,0	26,5	42,0	6095,3	1158,1	1319,6	
				445,0	26,5	96,0	2666,6	1186,6	1257,4	
				535,0	26,5	113,0	2265,5	1212,0	1272,0	
			C	188,0	16,3	42,0	6095,3	1145,9	1245	
				288,0	16,3	58,0	4413,8	1271,2	1343,1	
			D	316,0	18,7	64,0	4000,0	1264,0	1338,8	
				540,0	18,7	106,0	2415,1	1304,2	1349,3	

Flüssigkeiten.	Temperatur. C⁰	Dichte.	Pfeife.	Länge. mm	Berichtigung.	l.	Zahl der Schwingg.	Schallgeschwindigkeit unbericht. m	Schallgeschwindigkeit berichtigt. m	Mittel.
Concentr. Lösung von salpetersaur. Natron, 27,32 Proc. wasserfr. Salz enthaltend.	20,9	1,2066	*A*	216,0	82,5	56,0	4571,5	987,4	1364,6	
				550,0	82,5	117,0	2188,0	1203,4	1383,9	
			B	445,0	42,6	92,0	2776,2	1238,3	1353,7	1363,5
				535,0	42,6	109,0	2348,6	1256,5	1356,5	
			D	532,0	20,0	104,0	2471,6	1309,7	1358,8	
Concentr. Lösung von Chlorcalcium, 43,42 Proc. wasserfr. Salz enthaltend *).	22,5	1,4322	*A*	216,0	148,3	60,0	4266,7	921,6	1554,4	
				550,0	148,3	115,0	2226,1	1224,4	1554,5	
				884,0	148,3	170,0	1505,9	1331,2	1554,4	
			B	390,0	32,0	64,0	4000,0	1560,0	1688,0	
				480,0	32,0	80,0	3200,0	1536,0	1638,4	
				755,0	32,0	121,0	2115,7	1597,4	1665,1	1616,3
				845,0	32,0	133,0	1924,8	1626,5	1688,0	
			D	348,0	32,3	62,0	4129,0	1436,9	1570,2	
				532,0	32,3	86,0	2976,8	1583,6	1679,8	
				1225,0	32,3	205,0	1248,8	1529,8	1570,2	
Gewöhnl. Alkohol, von 36°B.	4,0	0,8514	*A*	216,0	81,5	76,0	3368,4	727,6	1002,1	
				547,0	81,5	148,0	1729,7	946,2	1087,1	
			B	390,0	26,5	51,0	5019,6	953,7	1086,8	
				480,0	26,5	100,0	2560,0	998,4	1066,3	1064,6
			C	188,0	16,3	49,0	5224,5	982,2	1067,4	
			D	540,0	20,0	133,0	1924,8	1039,4	1077,9	
dito	20,0	0,8362	*A*	216,0	80,0	74,0	3459,5	747,3	1024,0	
				216,0	82,5	74,0	3459,5	747,3	1032,7	
				550,0	82,5	140,0	1828,6	1005,7	1156,6	
			B	390,0	30,0	102,0	2509,8	978,8	1054,1	
				480,0	30,0	127,0	2015,8	967,5	1028,1	
				390,0	26,5	103,0	2485,5	969,3	1035,2	1049,9
				480,0	26,5	127,0	2015,8	967,5	1021,0	
			C	188,0	16,3	49,0	5224,5	982,2	1067,4	
				288,0	16,3	73,0	3506,8	1010,0	1067,2	
			D	540,0	18,7	138,0	1855,1	1001,7	1012,8	

Absoluter Alkohol	4,0	0,8097	*A*	216,0	81,5	84,0	3047,6	658,3	906,7	
				547,0	81,5	157,0	1630,0	891,9	1024,8	
			B	190,0	26,5	64,0	4000,0	760,0	866,0	
				390,0	26,5	115,0	2226,1	868,2	927,2	933,9
				480,0	26,5	148,0	1729,7	830,3	876,1	
			D	540,0	20,0	143,0	1790,2	966,7	1002,5	
dito	23,0	0,7960	*A*	216,0	81,5	84,0	3047,6	658,3	906,7	
				547,0	81,5	157,0	1630,6	891,3	1024,8	
			B	190,0	26,5	58,0	4413,8	838,6	955,6	
				390,0	26,5	114,0	2245,6	875,8	935,3	947,0
				480,0	26,5	144,0	1777,7	853,3	900,5	
			C	188,0	16,3	57,0	4491,2	844,4	917,6	
			D	540,0	20,0	145,0	1765,6	953,4	988,7	
Terpenthinöl	0,0	0,8803	*A*	216,0	81,5	72,0	3555,5	768,0	1057,8	
				547,0	81,5	153,0	1673,2	915,2	1051,6	
			B	390,0	26,5	118,0	2169,5	846,1	903,6	984,1
				480,0	26,5	138,0	1855,1	890,4	939,6	
			D	532,0	20,0	146,0	1753,4	932,8	967,9	
dito	24,0	0,8622	*A*	216,0	81,5	76,0	3368,4	727,6	1000,2	
				547,0	81,5	156,0	1641,1	897,6	1031,4	
			B	390,0	26,5	112,0	2285,7	891,4	952,0	989,9
			D	480,0	26,5	132,0	1939,4	930,9	982,3	
				532,0	20,0	144,0	1777,8	945,8	981,4	
Schwefeläther	0,0	0,7529	*A*	547,0	81,5	170,0	1505,9	823,7	964,3	946,3?

*) Die Versuche mit dieser Lösung wurden wegen der Höhe der Töne und wegen der Gröſse des Drucks in dem groſsen Apparat angestellt.

Wie ich schon bemerkt habe, ist der Ton im Aether kaum wahrnehmbar, und daher bietet die letzte Beobachtung wenig Sicherheit dar. Was den Alkohol und das Terpenthinöl betrifft, so waren die Temperatur-Unterschiede zu gering als dafs deren Einflufs hätte merklich seyn können. Ich hatte die Absicht die Temperatur zwischen viel weiter auseinander liegenden Gränzen zu verändern und die Untersuchung auf eine viel gröfsere Zahl von Flüssigkeiten auszudehnen, namentlich auf Säuren und auf Quecksilber; allein diese Versuche erfordern specielle Apparate, die ausführen zu lassen mir für jetzt nicht möglich war.

Uebrigens reichen die oben angeführten Versuche hin, das Verhältnifs zwischen den beiden Schallgeschwindigkeiten und der Zusammendrückbarkeit zu bestätigen.

Seyen nämlich für eine Flüssigkeit bei gegebener Temperatur:

v die Schallgeschwindigkeit in einer unbegränzten Masse,

v_1 die Schallgeschwindigkeit in einer Säule oder einem Faden,

d die Dichtigkeit und

c die kubische Zusammendrückbarkeit unter dem Druck von einer Atmosphäre, so hat man:

$$v^2 = \frac{3}{2} v_1^2 \,; \qquad c = \frac{9{,}8088 \times 0{,}76 \times 13{,}596}{d \,.\, v^2}.$$

Tafel XII. — Ueberblick der Resultate.

	Temperatur C°.	Dichtigkeit.	Schallgeschwindigkeit in einer Säule.	Schallgeschwindigkeit i. unbegränzt. Masse.	Zusammendrückbarkeit.
			m	m	
Seinewasser	15°,0	0,9996	1173,4	1437,1	0,0000491
do.	30 ,0	0,9963	1250,9	1528,5	0,0000433
do.	40 ,0	0,9931	1324,8	1622,5	0,0000388
do.	50 ,0	0,9893	1349,0	1652,2	0,0000375
do.	60 ,0	0,9841	1408,2	1724,7	0,0000346
Meerwasser (künstl.)	20 ,0	1,0264	1187,0	1453,8	0,0000467
Lösung v. Chlornatrium.	18 ,0	1,1920	1275,0	1561,6	0,0000349
- - schwefels. Natron	20 ,0	1,1089	1245,2	1525,1	0,0000393

	Temperatur C°.	Dichtigkeit	Schallgeschwindigkeit in einer Säule.	Schallgeschwindigkeit i. unbegränzt. Masse.	Zusammendrückbarkeit.
			m	m	
Lösung v. schwefels. Natron	18°,8	1,1602	1292,9	1583,5	0,0000348
- - kohlens. Natron	22°,2	1,1828	1301,8	1594,4	0,0000337
- - salpeters. Natron	20°,9	1,2066	1363,5	1669,9	0,0000301
- Chlorcalcium	22°,5	1,4322	1616,3	1979,6	0,0000181
Alkohol, gewöhnl., 36° B.	20°,0	0,8362	1049,9	1285,9	0,0000733
Alkohol, absolut.	23°,0	0,7960	947,0	1159,8	0,0000947
Terpenthinöl	24°,0	0,8622	989,8	1212,3	0,0000800
Schwefeläther	0°,0	0,7529	946,3	1259,0	0,0001002

Wasser von 15° C., Meerwasser, gewöhnlicher und absoluter Alkohol, Terpenthinöl und Schwefeläther sind die einzigen Flüssigkeiten, die bisher Compressionsversuchen im Piezometer unterworfen wurden, und mit Ausnahme der letzten weichen die bekannten Zahlen wenig von den eben gefundenen ab [1]). Das Verhältnifs zwischen den beiden

1) Diese Abhandlung wurde der Akademie der Wissenschaften am 7. Aug. 1848 vorgelegt. In derselben Sitzung übergab Hr. Grassi eine Note über die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten, mit denen ich operirt hatte. Diese Note ist ein Theil einer grofsen Arbeit, die Hr. Grassi durch Benutzung von Hrn. Regnault's Methode zur directen Bestimmung der Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten unternommen hat. Die Zahlen, welche Hr. Grassi gefunden, sowohl für Wasser von verschiedenen Temperaturen als auch für andere Flüssigkeiten, stimmen besser als es sich erwarten liefs mit den von mir aus den Schallschwingungen hergeleiteten. (Siehe *Compt. rend. T. XXVII. p.* 153.)

[Dieser Note zufolge hat Hr. Grassi für vier der von Hrn. Wertheim angewandten Lösungen folgende Zusammendrückbarkeiten gefunden:

Lösung von salpeters. Natron . . .	0,0000306565
- - kohlensaur. Natron . .	0,0000303294
- - Chorcalcium	0,0000209830
Meerwasser	0,0000445029

Aufserdem hat er bei *luftfreiem destillirten Wasser* folgende mit der Temperatur *abnehmende* Zusammendrückbarkeiten beobachtet:

0° C.	0,0000505601	25°,9 C. . . .	0,0000458425
10°,8	0,0000487053	34°,8 . . .	0,0000455727
13°,4	0,0000483777	43°,0 . . .	0,0000444137
15°,5	0,0000477446	53°,3 . . .	0,0000443355.

Schallgeschwindigkeiten findet sich demnach aufs Neue bestätigt und da die Compressionsversuche den doppelten Vorzug vereinen, leicht ausführbar zu seyn für alle Flüssigkeiten, und eine gröſsere Genauigkeit zu gewähren als die Bestimmungen mittelst des Schalls, so wird man sich der Compressibilitäten bedienen können, um diese beiden Geschwindigkeiten mit jeder wünschbaren Genauigkeit zu finden.

Folgerungen.

1. Da die Schallgeschwindigkeit in einer Luftsäule und in einer unbegränzten Luftmasse gleich ist, so kann man sie aus dem Grundton einer Orgelpfeife mit Genauigkeit bestimmen, sobald man die Störungen, die bei offenen und gedeckten Pfeifen am Mundstück, und bei offenen Pfeifen am Ende stattfinden, in Rechnung zieht.

2. Durch Anwendung von Pfeifen, die aus Stücken zusammengesetzt sind, kann man die Berichtigungen für diese Störungen finden und die wahre absolute Länge der Schallwellen bestimmen. Die Werthe dieser Berichtigungen nehmen zu mit den Durchmessern der Pfeifen.

3. In Flüssigkeiten kann man von einer Orgelpfeife, deren Mundstück gehörig abgeändert ist, nicht bloſs ihren Grundton, sondern auch eine groſse Anzahl ihrer harmonischen Töne erhalten, und daraus, auf dieselbe Weise wie bei der Luft, die Geschwindigkeit in einer Säule oder einem Faden ableiten.

4. Die Drucke oder Druckgränzen, die man bei einer mit Luft oder Flüssigkeit gefüllten Pfeife anwenden muſs, damit sie ihre successiven harmonischen Töne gebe, verhalten sich zu einander wie die Quadrate der Ordnungszahlen der entsprechenden Töne.

Endlich hat er gefunden, daſs die Zusammendrückbarkeit der Flüssigkeiten mit steigendem Druck nicht abnimmt, wie die Hrn. Colladon und Sturm angeben, sondern zunimmt, namentlich beim Alkohol, Aether, Chloroform, Essigsäure u. s. w. Die näheren Angaben darüber sind mit der vollständigen Abhandlung zu erwarten. P.]

5. Bei einer und derselben Flüssigkeit verhält sich die Schallgeschwindigkeit in einer unbegränzten Masse zu der in einer Säule wie $\sqrt{\frac{3}{2}}$ zu 1.

6. Ist die Zusammendrückbarkeit einer Flüssigkeit gegeben, so kann man daraus diese beiden Geschwindigkeiten herleiten, und so umgekehrt.

7. Die Schwingungen einer flüssigen Säule sind isochron mit denen eines starren Stabs von derselben Länge und aus einem Material von gleicher Zusammendrückbarkeit mit der Flüssigkeit. Das Gesetz der allseitigen Gleichheit des Drucks findet während der Schallschwingungen nicht statt, und endlich ist das Moleculargesetz dasselbe für flüssige wie für starre Körper.

IX. *Ueber Construction der Anamorphosen im Kegelspiegel; von Oberlehrer Dr. H. Emsmann zu Stettin.*

In der zweiten Abtheilung des fünften Bandes der neuen Bearbeitung von Gehler's physikalischem Wörterbuche Art. Kegelspiegel S. 849 und 850 ist die Aufgabe über die Erscheinungen im Kegelspiegel für den geraden Kegel behandelt und zwar der Fall, daſs dem Auge seine Stellung in einem Punkte der über die Spitze hinaus verlängerten Axe angewiesen ist. Die daselbst gegebene Lösung der Aufgabe: diejenige Anamorphose zu zeichnen, welche im Spiegel gesehen dem Auge ein bestimmtes Bild darstellen soll, ist die Construction nach dem katoptrischen Grundgesetze und erfordert für jeden Punkt die Zeichnung des den Kegel erzeugenden Dreiecks, ferner den Ort des Auges etc. in der Ebene der Grundfläche des Kegels. Es ist mithin bei dem Entwurfe einer solchen Anamorphose für jeden Punkt stets eine groſse Anzahl Linien zu ziehen.

Deshalb stellte ich mir die Aufgabe: eine einfachere Construction zu suchen und überhaupt die zur Darstellung einer solchen Anamorphose günstigsten Verhältnisse zu ermitteln.

Meine Untersuchung führte mich zu folgenden Resultaten:

1. Soll die Zeichnung einer Anamorphose für einen geraden Kegel möglichst einfach werden, so mufs dem Auge seine Stellung in einem Punkte der über die Spitze hinaus verlängerten Axe angewiesen werden, *welcher von der Grundfläche des Kegels um die doppelte Höhe des Kegels entfernt ist.*

2. Zieht man durch den Punkt des Bildes, für welchen die Stelle in der zu entwerfenden Anamorphose ermittelt werden soll, den Halbmesser, verlängert denselben über die Peripherie der Grundfläche des Kegels, und bezeichnet mit e die Entfernung des Punktes im Bilde und mit ε die der zugehörigen Stelle in der Anamorphose, beide von der Peripherie an gerechnet; ist ferner R der Radius der Grundfläche des Kegels und bezeichnet h das Verhältnifs der Höhe des Kegels zu dem Radius seiner Grundfläche, so ist (die unter 1 gestellte Bedingung vorausgesetzt)

$$E : e = (h^2 + 1) R : (h^2 R - e),$$

eine Proportion, welche für ein gegebenes h durch eine einfache Construction darstellbar ist.

Die Ableitung dieser beiden Resultate ergiebt sich in folgender Weise:

Ist A (Fig. 13. Taf. II.) der in die Anamorphose einzutragende Punkt des Bildes, so ziehe man den zu diesem Punkte zugehörigen Radius CB, errichte in C eine auf CB senkrechte Linie, mache $CD =$ der Höhe des Kegels und setze in deren Verlängerung in den Punkt E den Ort des Auges, ziehe EA und lege an den Punkt H, wo diese DB schneidet, den Winkel $GHB = BHA = DHE$ an, so ist der Durchschnittspunkt a des Strahles HG mit dem Radius CB der Punkt der Anamorphose, dessen Bild sich dem

Auge darstellt. So die Construction im Gehler'schen Wörterbuche.

Nun sey $Ba = E$, $BA = e$, $BC = R$, $CD = H$, $CE = O$, $BD = S$, und $AE = L$, dann ist:

$$\begin{aligned} E : \quad aH &= \sin(A-B) : \sin B \text{ und} \\ aH : (E+e) &= \sin A : \sin 2(A-B) \\ \hline E : (E+e) &= \sin A : 2\sin B . \cos(A-B) \\ &= \sin A : 2\sin B(\cos A . \cos B + \sin A . \sin B) \\ &= \frac{O}{L} : 2\frac{H}{S}\left[\frac{(R-e).R}{L.S} + \frac{O.H}{L.S}\right] \\ &= O.S^2 : 2H(R^2 - e.R + O.H), \text{ folglich:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E : e &= O.S^2 : (2H.R^2 - 2H.e.R + 2.O.H^2 - O.S^2) \\ &= (O.H^2 + O.R^2) : (2H.R^2 - 2H.eR + O.H^2 - O.R^2) \end{aligned}$$

Setzt man nun $O = o.R$ und $H = h.R$, so erhält man:

$$E : e = o(h^2+1)R : [(2h + o.h^2 - o)R - 2h.e]$$

Fragt man, unter welchen Bedingungen das zweite Verhältnifs dieser Proportion möglichst einfach werde, so ergiebt sich sofort, dafs $o = 2h$ seyn müsse, d. h. der günstigste Fall für die Construction obiger Proportion und somit auch der Anamorphose ist der, dafs das Auge seine Stelle in einem Punkte der über die Spitze verlängerten Axe des Kegels einnimmt, welcher von der Grundfläche um die doppelte Kegelhöhe entfernt ist (1.); dann aber geht die obige Proportion über in

$$E : e = (h^2+1)R : (h^2 R - e). \qquad (2.)$$

Die Construction dieser Proportion ist für ein gegebenes h unter allen Umständen leicht auszuführen; wollte man indessen den aller einfachsten Fall haben, so müfste $h = 1$ d. h. die Höhe des Kegels gleich dem Halbmesser der Grundfläche seyn. Die Proportion ginge alsdann über in:

$$E : e = 2R : (R - e)$$

und man erhielte mithin die dem Punkte A entsprechende Stelle in der Anamorphose, wenn man Fig. 14. Taf. II. in A und B auf CB Perpendikel errichtete, jenes $AM = R - e$ also $= AC$, dieses $BN = 2R$ machte, den Endpunkt des

ersteren mit B verbände und durch den Endpunkt des zweiten mit dieser Verbindungsstrecke BM eine Parallele Na zöge, deren Durchschnittspunkt a mit dem verlängerten Halbmesser die gesuchte Stelle seyn würde.

Für andere Werthe von h, z. B. für $h=2$, also

$$E:e=5R:(4R-e)$$

würde die Construction in ganz ähnlicher Weise ausfallen. Schliefslich will ich noch bemerken, dafs die Construction weniger bequem wird, wenn man die Entfernungen der Punkte A und a von dem Mittelpunkte der Grundfläche an rechnet. Setzt man $Ca=E'=E+R$ und $CA=e'=R-e$, so geht obige Proportion (2) über in

$$E':(2R-e')=h^2R:[(h^2-1)R+e'],$$

woraus für $h=1$ sich

$$E':(2R-e')=R:e'$$

ergiebt.

Noch bemerke ich, dafs es gut seyn möchte bei einer Construction der Anamorphose nach der sich hier ergebenden Weise die Höhe des Kegels nahe 4 Zoll zu wählen, um dadurch das im Kegel sich zeigende Bild in der Entfernung des deutlichen Sehens zu erhalten.

X. *Ueber die Interferenz der Wärmestrahlen;* *von A. Seebeck.*

(Vorgetragen in der math. phys. Klasse d. K. Gesellschaft der Wiss. zu Leipzig am 5. Sept. 1848. — Aus den Berichten dieser Gesellschaft.)

Da man die Erscheinungen der Lichtbeugung durch Anwendung von Linsen in jeder beliebigen Vergröfserung auf der Wand darstellen kann, so ist es mir seit langer Zeit sehr wahrscheinlich gewesen, dafs man auf demselben Wege die Interferenz der Wärmestrahlen werde beobachten können, und ich habe, da ich kürzlich den der hiesigen Universität gehörenden Fraunhofer'schen Beugungsapparat

zu einem andern Zwecke geliehen hatte, nicht unterlassen, diese Vermuthung an der Erfahrung zu prüfen. Denn wie wahrscheinlich es auch seyn mag, dafs die Wärmestrahlen auch in Beziehung auf Interferenz und Beugung dem Gange des Lichtes folgen werden, so ist doch gerade diese für die Annahme einer Wellenbewegung entscheidendste Eigenschaft bei denselben weniger untersucht, als die übrigen Uebereinstimmungen mit den Lichtstrahlen, indem aufser einer Angabe von Matteucci, welche wenig Vertrauen gefunden hat, nur die Beobachtungen von Knoblauch und die von Fizeau und Foucault darüber vorliegen [1]). Knoblauch hat mit einer linearen Thermosäule nachgewiesen, dafs die durch eine Spalte gehenden Sonnenstrahlen sich auch in Beziehung auf ihre Wärmewirkung seitlich ausbreiten, ohne jedoch eine den Lichtfransen entsprechende Zu- und Abnahme der Intensität erkennen zu lassen. Fizeau und Foucault haben mit einem Weingeistthermometer, dessen Kugel nur 1,1 Millim. Durchmesser hat, an welchem aber der Centigrad durch Mikroskop und Mikrometer noch in 400 Theile getheilt wird, eine kleine Wärmedifferenz der Sonnenstrahlen in einigen der Fälle angetroffen, wo das Licht durch Interferenz Hell und Dunkel zeigt. Ich kann diesen Angaben folgende Beobachtung hinzufügen.

Ich leitete das Sonnenlicht durch einen belegten Glasspiegel in die dunkle Kammer, liefs dasselbe, da es mehr auf Stärke, als auf Homogenität ankam, durch eine $1\frac{1}{4}$ Zoll breite Spalte gehen, und fing es 10 Fufs hinter derselben mit einem Fernrohr auf, vor dessen Objectiv sich ein sehr feines Stabgitter (das feinste unter den auf vergoldetem Glase getheilten, welche der Apparat enthält, mit ungefähr 100 Spalten auf 1 Par. Linie) befand. Man kann das Licht, nachdem es aus dem Ocular des Fernrohrs getreten ist, auf der Wand auffangen und so die Gitterspectra objectiv, beliebig vergröfsert darstellen. Man sieht dann in der Mitte ein scharfbegränztes weifses Feld, zu beiden Seiten desselben einen dunklen Raum, darauf folgend das erste Spectrum etc.

1) Ann. Bd. 73. S. 466 und Bd. 74. S. 9. P.

Diese Theile wurden in einem passenden Abstande durch die schwarze Kugel eines Leslie'schen Photometers aufgefangen, da ich diefs Instrument viel empfindlicher fand, als den mir zu Gebote stehenden Thermomultiplicator. Die Kugel hat über 1 Zoll Durchmesser, die Scale ist in Pariser Linien getheilt und das ganze Instrument mit einer Glasglocke bedeckt. Ich habe den Stand desselben in folgenden fünf Stellungen beobachtet: 1) in dem mittleren, weifsen Felde, welches beinahe in seiner ganzen Ausdehnung die Photometerkugel bedeckte; 2) und 3) in dem dunklen Raume rechts und links von der Mitte; da dieser Raum nicht breit genug war, so wurde fast die Hälfte der Kugel von den violetten und blauen Strahlen des ersten Spectrums getroffen; 4) und 5) wurde die Kugel in das erste Spectrum rechts und links gebracht, wo sie den gröfsten Theil des Spectrums, etwa vom Blau bis ins Roth hinein, einnahm. Die Einstellung der Kugel wurde nicht durch Rücken des Photometers, sondern durch Drehung des Fernrohrs bewirkt. Aufserdem wurde zu Anfang und zu Ende der Stand beobachtet, wenn das Instrument vor dem Licht geschützt war, um den Nullpunkt zu erhalten, von wo die andern Stände zu rechnen sind.

Das weifse Feld erzeugte eine recht wohl bemerkbare Erwärmung, das erste Spectrum eine ungefähr halb so grofse, dagegen der dunkle Zwischenraum eine entschieden geringere. Da es für den Nachweis einer Interferenz hauptsächlich auf den Unterschied der beiden letzten Stände ankommt, so habe ich dieselben, um mich vor zufälligen Einflüssen sicher zu stellen, abwechselnd sehr oft beobachtet, immer mit gleichem Erfolge. Ich hatte zuerst an dem Spectrum rechts wiederholt eine Zunahme der Temperatur wahrgenommen, wenn ich die Kugel aus dem angränzenden dunkeln Zwischenraume in dasselbe treten liefs. Ich beobachtete hierauf Dasselbe an dem linken Spectrum, und erhielt, indem ich dem Instrumeut jedesmal Zeit liefs, auf einen bleibenden Stand zu kommen, folgende Zahlen:

Wei-

Weifses Feld (Mitte)	:	2,1 Linie
Dunkles Feld links	:	0,25 „
Erstes Spectrum „	:	1,0 „
Dunkles Feld „	:	0,25 „
Erstes Spectrum „	:	1,1 „
Dunkles Feld „	:	0,35 „
Erstes Spectrum „	:	1,2 „
Dunkles Feld „	:	0,4 „
Erstes Spectrum „	:	1,0 „
Dunkles Feld „	:	0,4 „
Erstes Spectrum „	:	1,1 „
Dunkles Feld „	:	0,4 „
Weifses Feld (Mitte)	:	2,0 „

also Mittelwerth für das weifse Feld 2,05, für den gröfstentheils dunklen Zwischenraum 0,34 und für das erste Spectrum 1,1.

Die Differenzen sind in der Hauptsache so regelmäfsig, dafs sie wohl keinen Zweifel über das Vorhandenseyn einer Wärme-Interferenz lassen.

Dasselbe gilt von den folgenden noch gröfseren Zahlen, welche an einem anderen Tage mit einem empfindlicheren Photometer bei sehr dunstfreiem, aber nicht wolkenlosem Himmel und daher mit einigen Unterbrechungen erhalten wurden. Die Spalte war fortgelassen und das Licht ging von dem Spiegel durch die $1\frac{1}{2}$ Zoll im Durchmesser haltende Oeffnung des Ladens nach dem 15 Fufs dahinter liegenden Gitter und Fernrohr.

Dunkles Feld rechts	1,2 Linie
Erstes Spectrum „	3,1 „
Dunkles Feld „	1,1 „
Erstes Spectrum links	3,4 „
Dunkles Feld „	1,0 „
Erstes Spectrum „	3,0 „
Dunkles Feld „	0,6 „
Weifses Feld (Mitte)	7,6 „
Dunkles Feld links	0,6 „
Erstes Spectrum rechts	2,6 „

Weifses Feld (Mitte)		7,8	Linie
Dunkles Feld	rechts	0,6	„
Erstes Spectrum	„	3,0	„
Dunkles Feld	„	1,2	„
Weifses Feld (Mitte)		8,0	„

Also Mittelwerth für das weifse Feld: 7,8, für den gröfstentheils dunklen Zwischenraum 0,9 und für das erste Spectrum 3,0.

Ob sich noch weitere Minima und Maxima beobachten lassen, habe ich der Witterung wegen nicht versuchen können; doch würde dazu der Apparat wohl etwas abzuändern gewesen seyn, da das erste und zweite Spectrum mit ihren Enden schon fast übereinander greifen.

Man kann übrigens auch ohne Spiegel und Oeffnung beobachten, und das Sonnenlicht unmittelbar durch das Gitter in's Fernrohr treten lassen.

XI. *Ueber den Einflufs der Umgebung eines Körpers auf die Anziehung oder Abstofsung, die er durch einen Magnet erfährt; von* Plücker.

1. Ich habe bereits in einer frühern Abhandlung [1]) die directe Wirkung eines Magneten auf Flüssigkeiten mit freier Oberfläche nachgewiesen; mich damals aber hauptsächlich darauf beschränkt, die *Formänderung der Oberfläche* zu bestimmen. Diese Formänderung ist offenbar eine Folge der Anziehung oder Abstofsung, welche die kleinsten Theile der Flüssigkeit durch die Pole des Magneten erleiden, wodurch die Wirkung der Kraft der Schwere auf denselben modificirt wird. Die entsprechenden Aenderungen in dem *Gewichte* der Flüssigkeiten durch den Magneten bestätigen sich durch die Anwendung der Waage, die ein neues Mittel giebt, den Magnetismus sowohl als den Diamagnetismus

1) Ann. Bd. 73, S. 549.

aller festen und flüssigen Körper zu vergleichen, und wie bei der specifischen Wärme und dem specifischen Gewichte durch absolute Zahlen auszudrücken [1]). Die durch den Magnetismus und Diamagnetismus modificirte Wirkung der Schwere auf die kleinsten Theilchen einer Flüssigkeit zeigt sich endlich auch, *wenn wir in diese einen festen Körper eintauchen* und giebt hier eine Erklärung von Erscheinungen, die, wie einfach sie auch seyn mag, von berühmten Physikern dennoch mifsverstanden worden ist; ein Mifsverständnifs, das ganz kürzlich noch Hrn. Edmond Becquerel zu Hypothesen geführt hat, die meiner Meinung nach, gegen die gesunden Principien der Naturforschung verstofsen.

2. Bringen wir, um uns zunächst an einer bestimmten Anschauung zu halten, eine magnetische Flüssigkeit über einen magnetischen Pol, so kommt die Wirkung dieses Poles auf die kleinsten Theilchen der Flüssigkeit zu der Wirkung der Schwere hinzu und die Erscheinung verhält sich gerade so, als ob die Schwere zugenommen hätte, und zwar für diejenigen Flüssigkeitsschichten, die dem Pole näher liegen mehr, als für die entfernter liegenden. Machen wir die immer mehr oder weniger von der Wirklichkeit abweichende Voraussetzung, dafs die resultirende magnetische Anziehung auf alle Flüssigkeits-Theilchen senkrecht nach unten wirke, so bleibt auch bei hinzutretender magnetischer Wirkung, für jede horizontale Flüssigkeitsschicht der hydrostatische Druck derselbe. War in die Flüssigkeit, vor der magnetischen Erregung ein fester Körper eingetaucht und hatte er, dem Archimedischen Principe gemäfs, soviel von seinem Gewichte verloren, als die Flüssigkeit wog, die er aus der Stelle trieb, so mufs er, nach Erregung des Magnetismus, *in Folge desselben Principes*, durch sein Eintauchen gerade um eben so viel mehr von seinem Gewichte verlieren, als die aus der Stelle getriebene Flüssigkeit schwerer geworden ist, das heifst um so viel, als die magnetische Anziehung dieser Flüssigkeit betrug. Wenn

1) Ann. Bd. 74, S. 321.

die Flüssigkeit diamagnetisch ist, so vermehrt sie, umgekehrt, das Gewicht des eingetauchten Körpers.

3. Wir ziehen hieraus die folgenden allgemeinen Resultate.

Die Anziehung eines magnetischen Körpers, der in eine magnetische oder diamagnetische Flüssigkeit eingetaucht wird, nimmt gerade um so viel ab oder zu, als die magnetische Anziehung oder diamagnetische Abstofsung der aus der Stelle getriebenen Flüssigkeit vor dem Eintauchen betrug. Die Abstofsung eines in dieselbe Flüssigkeit eingetauchteu diamagnetischen Körpers nimmt, umgekehrt, gerade um so viel zu oder ab, als die magnetische Anziehung oder diamagnetische Abstofsung der aus der Stelle getriebenen Flüssigkeit betrug.

Wenn also der eingetauchte Körper sowohl als die Flüssigkeit, beide magnetisch oder beide diamagnetisch sind, die Flüssigkeit aber jedesmal stärker als der eingetauchte Körper, so geht einmal die magnetische Anziehung dieses letztern in diamagnetische Abstofsung, das andere Mal diese in jene über.

4. Wenn der magnetische Pol nicht von unten, sondern wenn er von oben wirkte, so sind die Erscheinungen von der Art, als ob die Flüssigkeit, wenn sie magnetisch ist, leichter, und wenn sie diamagnetisch ist, schwerer geworden wäre.

Wenn der Magnet nach horizontaler Richtung auf die Flüssigkeits-Theilchen wirkt, so wird die Schwere derselben dadurch nicht geändert; zu der Kraft der Schwere kommt dann noch, wenn ich den bildlichen Ausdruck gebrauchen darf, ein Gravitiren nach der Richtung der magnetischen Kraft hinzu.

Auch für diese Fälle gelten die allgemeinen Gesetze der vorigen Nummer. Sie gelten mit mathematischer Genauigkeit in derselben Ausdehnung als das Archimedische Princip. Dieses Princip können wir aber in folgender Weise erweitern.

Wenn nicht speciell die Kraft der Schwere und diese allein, sondern wenn beliebig viele Kräfte, die nach beliebigen Punkten Anziehung und Abstofsung auf die kleinsten Theilchen eines festen Körpers und der ihn umgebenden Flüssigkeit ausüben, wie dieses zum Beispiel bei jedem Magnete der Fall ist — so erleidet der eingetauchte Körper eine Wirkung, die der Wirkung auf denselben Körper, wenn er im leeren Raume sich befände, weniger der Wirkung auf diejenige Flüssigkeit, die früher seine Stelle eingenommen hatte, gleich ist. Ebenso verhält sich's auch, wenn wir nicht die Totalwirkungen nehmen (deren jede im Allgemeinen einer resultirenden Kraft und einem resultirenden Kräftenpaare zuzuschreiben ist), sondern diese Wirkungen, wie sie, nach einer gegebenen Richtung zerlegt, stattfinden.

5. Diese Resultate lassen sich leicht durch den Versuch zur Anschauung bringen. Ein gegen den Magneten wenig empfindliches Aräometer, für das wir zum Beispiel eine theilweise mit Quecksilber gefüllte dünne Glaskugel mit enger Röhre nehmen können, steigt oder sinkt sehr entschieden, wenn es in eine Lösung von Eisenchlorid oder Eisenvitriol oberhalb oder unterhalb der beiden genäherten Pole eines starken Elektromagneten, in die Nähe derselben gebracht wird. Eine entgegengesetzte Wirkung tritt in einer diamagnetischen Flüssigkeit ein.

Befindet sich die Flüssigkeit zwischen den beiden in derselben Horizontal-Ebene liegenden Magnetpolen und die Aräometerkugel in eben derselben Ebene, so wird dieselbe, in dem Falle einer magnetischen Flüssigkeit, von der Mitte nach dem nähern Pole, in dem Falle einer diamagnetischen Flüssigkeit von den Polen nach der Mitte getrieben. Im ersten Falle hat sie in der Mitte ein labiles, im zweiten Falle ein stabiles Gleichgewicht.

6. Hieraus erklärt sich ferner, durch die blofse Aenderung des hydrostatischen Druckes, die unerwartete Leichtigkeit, mit der sich diamagnetische Körper in magnetischen und

magnetische Körper in diamagnetischen Flüssigkeiten richten, trotz des grofsen Widerstandes, den diese ihrer Drehung entgegenstellen: Erscheinungen, die Herr Faraday gleich in seiner ersten Mittheilung in experimentaler Hinsicht erschöpfend dargelegt hat.

7. Wenn sich oberhalb der Pole eines Magneten eine *gasförmige* Flüssigkeit befindet, so nimmt auch diese, wenn sie diamagnetisch ist — ich halte bis jetzt noch das Vorhandenseyn magnetischer Gase für unwahrscheinlich — an Gewicht ab in Folge der Wirkung der Magnetpole auf die kleinsten Theilchen derselben, die hier der Schwere entgegenwirkt. Die verminderte Wirkung der Schwere bringt aber, in Folge der Expansivität und Compressibilität der Gase, nothwendig eine verminderte *Dichtigkeit* derselben mit sich. Es ist mir gelungen diese durch eine luftthermometerartige Vorrichtung direct nachzuweisen [1]) und somit unsere Annahme, dafs der Magnet auf die kleinsten Theilchen des Gases abstofsend wirke, zu bestätigen.

8. Das Archimedische Princip gilt aber für Gase wie für Flüssigkeiten, und nach eben diesem Principe kommen wir auch hier zu dem Resultate, dafs die magnetische Anziehung oder diamagnetische Abstofsung eines Körpers oberhalb der Magnetpole dadurch, dafs er von einem Gase umgeben ist, um so viel zu- oder abnimmt, als die aus der Stelle verdrängte gasförmige Flüssigkeit durch die ihrerseits erfahrene diamagnetische Abstofsung leichter geworden ist. Diese Wirkung ist so verschwindend klein, dafs Hr. Faraday in keinem seiner vielfach modificirten Versuche eine solche nachweisen konnte, und für Luft wenigstens steht eine solche Nachweisung nicht zu erwarten.

Der *leere Raum* kann, eben weil er keinen hydrostatischen Druck ausübt, nach den vorstehenden Principien auf einen magnetischen oder diamagnetischen Körper nicht einwirken. Und doch behauptet Hr. Edmond Becquerel, der umgebende leere Raum mit seinem imponderabilen

1) Vergl. die erste der früher citirten Abhandlungen. Annalen Bd. 73, S. 579—581.

Aether sey es, der das schwere Wismuthstück von den Polen eines Magneten forttreibt [1]).

9. Eine Kraft, die nicht an wägbare Materie gebunden ist, hat bisher kein Analogon; im vorliegenden Falle ist es eine Abstraction von einem mifsverstandenen Versuch. Hr. Becquerel verkennt, dafs es dem hydrostatischen Drucke zuzuschreiben ist, wenn zum Beispiel ein Wismuthstück in einer Eisenchloridlösung viel stärker abgestofsen wird, als in der Luft; er sieht darin vielmehr eine directe Wirkung der magnetischen Vertheilung innerhalb der Flüssigkeit. Es läfst sich aber, ich möchte sagen mathematisch, nachweisen, dafs diese mystische Wirkung des ohne dieses schon so räthselhaften Aethers ein blofses Hirngespinst ist. Denn die oben erwähnte Zunahme der Abstofsung des Wismuths ist ganz und gar eine nothwendige

1) Hr. Becquerel resumirt die Gesetze, die er gefunden, wörtlich in Folgendem:

1. *Tous les corps s'aimantent sous l'influence d'un aimant comme le fer doux lui-même, mais à un dégré plus ou moins marqué, suivant leur nature.*

2. *L'aimantation momentanée d'un corps ne dépend pas de sa masse mais de la manière dont se trouve réparti l'éther dans ce corps.*

3. *Une substance est attiré par un centre magnétique avec la différence des actions exercée sur cette substance et sur le volume du milieu déplacé.*

Ce troisième principe est donc analogue au principe d'Archimède pour la pésanteur, avec cette différence, que celui-ci s'applique à la masse du corps, tandis que l'intensité magnétique développée par influence dans une substance, n'en dépend nullement . . . On peut se demander comment il se fait que dans le vide tous les corps ne soient pas attirée par les aimants, alors qu'il n'y a plus des particules matérielles qui les entourent et que des substances, telles que le bismuth, le soufre, le phosphore etc. soient presque autant repoussés dans le vide que dans l'air. Il est nécessaire d'admettre que le milieu étherée, à l'aide duquel se transmettent les actions magnétiques, est influencé de la même manière, quoique à un dégré différent dans une enceinte vide que dans une enceinte contenant de la matière, et qu'une enceinte vide se comporte comme un milieu plus magnétique que la substance la plus repoussée, c'est-à-dire le bismuth.

Comptes rendus. Séances du 21. *Mai* 1849.

Folge des veränderten hydrostatischen Druckes: *in dieser Erscheinung bleibt für die hypothetische Wirkung des Aethers nichts übrig.* Diese Wirkung ist also nicht vorhanden, oder das Archimedische Princip unwahr.

10. Die Becquerel'sche Hypothese erweiset sich auch als ungereimt, wenn wir weitere Folgerungen aus ihr ziehen. Nach ihr würde zum Beispiel, wenn wir auf einen Pol einen magnetischen, festen oder flüssigen, Körper bringen, die innere Masse desselben nicht angezogen werden, sondern blofs seine Oberfläche und daher nur diese an Gewicht zunehmen.

Doch genug; ich erwähne nicht der vielfachen Versuche, die Hr. Becquerel geradezu als falsch erklären mufs, um seine Hypothese zu halten. Genug, der Diamagnetismus besteht neben dem Magnetismus, wie positive und negative Elektricitäten neben einander bestehen und die Entdeckung desselben, die Entdeckung eines Gegensatzes in der magnetischen Wirkung, wie sie in der elektrischen Wirkung schon lange bekannt war, ist eine der gröfsten Bereicherungen, welche die Physik in diesem Jahrhundert erhalten hat, die so wenig durch die neue Hypothese des Hrn. Edmond Becquerel erschüttert wird, als durch die frühere, jetzt schon vollständig verklungene, dafs ein Wismuthstab nichts als ein Transversal-Magnet sey.

Die Gesetze der 3. Nummer erleiden für den Fall, dafs die Flüssigkeit sehr stark magnetisch ist, eine kleine aber doch wahrnehmbare Modification dadurch, dafs gleichzeitig auch die kleinsten Theilchen der Flüssigkeit auf einander einwirken. Befindet sich die Flüssigkeit oder statt derselben ein fester magnetischer Körper oberhalb eines Poles, so verstärkt die fragliche Wirkung die magnetische Anziehung auf die entferntern Theile. Gerade das Umgekehrte findet statt, wenn der magnetische Körper auf beiden Polen zugleich aufliegt, von einem derselben zum andern eine Brücke bildend. Ich habe beides bereits in der oben citirten Abhandlung nachgewiesen [1]).

1) Vergl. §. 1 der zweiten vorhin citirten Abhandlung.

11. Die Säule einer magnetischen Flüssigkeit, die auf einem Pole oder auch auf beiden Polen aufsteht, erleidet wie ein aufstehender Cylinder von Eisen, in ihrem Innern eine magnetische Vertheilung. Es schien mir von Interesse diese magnetische Vertheilung im Innern der Flüssigkeit — die Vorgänge im Innern eines Magneten — durch die veränderte Anziehung, die eine an einem Arme der Waage aufgehängte und in die Flüssigkeit an verschiedenen Stellen derselben eingetauchte Kugel erleidet, nachzuweisen. Einige vor längerer Zeit bereits angestellte vorläufige Versuche zeigten mir indeſs die Schwierigkeit dieser Untersuchung, eine Schwierigkeit, die hauptsächlich darin besteht, daſs wir der stärker magnetischen Flüssigkeiten uns bedienen müssen und auch hier noch, um die Kraft zu verstärken, über den beiden angenäherten Polen operiren müssen. Die magnetischen Flüssigkeiten sind aber immer mit diamagnetischen (den Auflösungsmitteln) gemengt, wonach das allgemeine Gesetz über die verschiedene Abnahme des Magnetismus und Diamagnetismus mit der Abnahme der Stärke des Elektromagneten und folglich auch mit der Entfernung von den Polen, neue störende Rücksichten in die Beobachtung hineinbringt. Die folgenden Beobachtungen füge ich schlieſslich noch hinzu, eben weil sie eine neue Bestätigung des fraglichen Gesetzes geben.

Es wurde ein Lampenglas durch ein angekittetes Glimmerblättchen an einem Ende verschlossen und mit dem verschlossenen Ende auf die bis auf einige Millimeter genäherten und ihre abgerundeten Enden einander zukehrenden groſsen Halbanker aufgesetzt. Eine Wismuthkugel, 10 bis 12 Millim. im Durchmesser, wurde, nach Erregung des Magnetismus, an den einen Arm einer Waage so aufgehängt, und äquilibrirt, daſs sie im Innern des Glases das Glimmerblättchen gerade oberhalb der Pole eben berührte. Nach Unterbrechung des durch *acht* Grove'sche Elemente erregten Stroms nahm die Kugel an Gewicht zu und es wurde dasjenige Gewicht bestimmt, welches hinzukommen muſste, damit dieselbe anfing sich von dem Glimmerblättchen zu

entfernen. Das so bestimmte Gewicht gab die diamagnetische Abstofsung der Kugel in der Luft. Bei derselben Stromstärke wurde in ganz gleicher Weise die Abstofsung des Wismuths zuerst *in Wasser*, dann in einer *mäfsig concentrirten Auflösung von Eisenchlorid* bestimmt. Hierauf wurde der Magnetismus durch blofs *vier* Tröge erregt, und die Abstofsung der Wismuthkugel in *derselben Chloridlösung* und nachher, nachdem Glas und Kugel abgespült worden waren, in *Wasser* bestimmt. Es ergaben sich hierbei die nachstehenden Resultate:

Abstofsung der Wismuthkugel ausgedrückt in Milligramm.

	8 Tröge.	4 Tröge.
In der Luft	785	—
In Wasser	745	490
In Chloridlösung	885	1050

Bonn den 28. Juni 1849.

XII. *Ueber die Identität des Arkansits und Brookits in chemischer und krystallographischer Beziehung; von C. Rammelsberg.*

Vor etwa zwei Jahren gab Shephard die erste Notiz [1]) über ein neues, von Powell entdecktes Mineral von Magnet Cove, Hot-Springs-County in Arkansas, dem er den Namen *Arkansit* beilegte, und welches daselbst von dem von mir [2]) kürzlich untersuchten *Schorlamit* begleitet wird. Er beschrieb die Krystallform, die übrigen physikalischen Eigenschaften und sagte über das chemische Verhalten: In einer Glasröhre erhitzt, giebt der Arkansit weder Feuchtigkeit noch Flufssäure; vor dem Löthrohr ist er unveränderlich, und giebt mit Borax ein dunkelgelbes Glas. Mit

1) *Sillim. Journ. II. Ser., Vol. II. p.* 249.
2) Diese Ann. Bd. 77. S. 123

Schwefelsäure gekocht, verwandelt er sich in eine gelblich-grüne Masse, welche auf *Titansäure* reagirte, während aus der schwefelsauren Auflösung, die mit schwefelsaurem Kali einen im Ueberschufs des Fällungsmittels auflöslichen Niederschlag gab, *Yttererde* erhalten wurde, in welcher möglicherweise noch Zirkonerde und Thorerde enthalten seyn konnten. Mit saurem schwefelsaurem Kali schmilzt der Arkansit, nach Shephard, zu einer gelblichen Masse zusammen, die beim Kochen mit Wasser einen schweren weifsen Niederschlag absetzt. Shephard fand 67 Proc. Titansäure, und schliefst aus seinen Versuchen, dafs das Mineral *titansaure Yttererde* sey.

In einem späteren Aufsatze [1]) fügt er noch einiges die Krystallform Betreffende hinzu, giebt das spec. Gew. = 3,854 an, und sagt dann, ganz im Widerspruch zu seinen früheren Angaben, die metallische Säure des Arkansits sey *Niobsäure*. Gepulvert, werde das Mineral durch vierstündiges Kochen mit Schwefelsäure zersetzt, indem es sich in eine blafs gelblich-weifse Masse verwandle. Schliefslich sagt er, dafs seinen Versuchen zufolge der Arkansit *niobsaure Ytter- und Thorerde* sey.

Schon vor länger als einem Jahre übersandte mir Hr. Lettsom in London einige kleine Arkansitkrystalle zur chemischen Untersuchung, welche bei den sich widersprechenden und durch nichts bestätigten Angaben Shephard's allerdings sehr nöthig erschien. Später erhielt ich von Hrn. Krantz eine neue Quantität des noch immer seltenen Materials, um die Untersuchung auf Yttererde, Thorerde und Zirkonerde richten zu können.

Die Krystalle stimmten im Aeufseren mit Shephard's Beschreibung ganz überein. Ihr spec. Gew. fand ich in drei Versuchen.

3,892 — 3,923 — 3,949.

I. 1,7205 Grm. verloren beim Glühen 0,0045. Sie wurden mit saurem schwefelsaurem Natron geschmolzen. Die Masse löste sich in Wasser mit Hülfe gelinder Wärme

1) Sillim. Journ., *II. Ser., Vol. IV. p.* 279.

vollständig auf, zum Beweis, dafs sie keine Tantal-, Niob- oder Pelopsäure enthielt. Die mit etwas Schwefelsäure versetzte Flüssigkeit liefs beim Kochen 1,49 eines weifsen Pulvers fallen, welches sowohl vor dem Löthrohr, als auch, mit Zucker gemengt und verkohlt, und dann in einem Strom von Chlor erhitzt, sich als reine *Titansäure* zu erkennen gab. Aus dem Filtrat fällte Ammoniak noch 0,217 eines weifsen gelatinösen Niederschlags, der, auf gleiche Art geprüft, sich ebenfalls als Titansäure erwies.

Die Abwesenheit der Kieselsäure ergab sich, indem die Niederschläge mit Fluorwasserstoffsäure behandelt wurden. Yttererde, Thorerde und Zirkonerde hätten im Chlor schwer- oder nichtflüchtige Chloride bilden müssen. Denn obgleich es schwer hält, sämmtliche mit Zuckerkohle gemengte Titansäure in flüchtiges Chlorid zu verwandeln, so gaben doch die nach dem Verbrennen der Kohle bleibenden geringen Rückstände stets noch die Titanreactionen, und wurden sie von neuem mit saurem schwefelsaurem Kali geschmolzen, so schlug sich beim Kochen der Auflösung immer fast Alles nieder, ohne beim Erkalten oder Auswaschen sich wieder aufzulösen.

Als 0,194 der so abgeschiedenen Titansäure mit 1,785 reinen kohlensauren Natrons zusammengeschmolzen wurden, so zeigte sich, dafs sie 0,098 Kohlensäure austrieben. 100 Th. dieser Titansäure würden also 50,52 Th. Kohlensäure austreiben, welche 36,68 Sauerstoff enthalten. Da nun die Titansäure, den neueren Versuchen von Pierre zufolge, 38,86 (nach denen von H. Rose 39,71) Proc. Sauerstoff enthält, so sieht man, dafs 1 At. Titansäure 1 At. Kohlensäure frei macht. Für die angewandte geringe Menge ist der Fehler 0,005 Kohlensäure. Auch dieser Versuch bestätigt ihre Reinheit.

Indem auf solche Weise allmälig 94,23 Proc. vom Gewicht des Arkansits an Titansäure gewonnen waren, deren Reinheit die verschiedensten Prüfungen verbürgten, blieben zuletzt nur noch 0,086 Grm. übrig, in denen sich mit Sicherheit auch nichts Anderes finden liefs.

II. Alle diese Versuche wurden mit 1,635 Grm. Substanz wiederholt, und ganz dieselben Resultate erhalten.

Der Arkansit ist daher reine Titansäure.

Als die vorstehenden Versuche beendigt waren, erschien ein Aufsatz von Breithaupt [1]), die mineralogische Beschreibung des Arkansits enthaltend. Die von Shephard angestellten Messungen finden hier ihre Bestätigung, und es gehört das Mineral dem 1- und 1axigen Systeme an. Der Habitus der Krystalle erinnert an Witherit, Weifsbleierz und schwefelsaures Kali, indem durch Combination eines Rhombenoctaëders, dessen Basis nahezu einen Winkel von 120° bildet, mit einer Fläche $b : 2c : \infty a$ eine Form entsteht, die man beim ersten Anblick für ein Dihexaëder halten könnte.

Breithaupt bemerkt, dafs es ihm nicht möglich gewesen sey, die Formen des Arkansits von denen des *Brookits*, der bekanntlich demselben Krystallsystem angehört, abzuleiten, noch umgekehrt, die des letzteren von jenem.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dafs das Mineral einzig und allein aus Titansäure besteht, verglich ich es gleichfalls mit dem Brookit, und komme zu dem entgegengesetzten Resultat, dafs nämlich die Formen des Arkansits und Brookits dieselben sind, wenn auch die Ausbildung der Flächen eine verschiedene ist. Beim Brookit herrschen die Flächen der horizontalen Zone vor, (alle Flächen mit ∞c im Zeichen treten besonders hervor) vorzüglich $a : \infty b : \infty c$ bei den Krystallen von Snowdon; beim Arkansit aber sind es die Flächen des Hauptoctaëders $a : b : c$, welche in Combination mit $2a : b : \infty c$ die Krystalle hauptsächlich begränzen, so dafs die übrigen dagegen ganz zurücktreten.

Der Brookit ist bekanntlich zuerst von Levy krystallographisch beschrieben worden [2]); neuerlich hat Hermann den von v. Romanowsky im District von Sla-

1) Diese Ann. Bd. 77, S. 302.

2) *Annals of Philosophy*. 1825. Febr. und Haidinger in diesen Annalen Bd. 5. S. 162.

toust am Ural gefundenen krystallographisch und chemisch untersucht [1]). Diese Abänderung unterscheidet sich durch den prismatischen Habitus von dem englischen Brookit, ja die Abstumpfungsfläche $a : \infty b : \infty c$ kommt selbst nicht sehr häufig bei ihr vor.

Wir wollen hier die Angaben Levy's und Hermann's mit denen von Breithaupt vergleichen.

	Brookit. L.	Brookit. H.		Arkansit. B.
$o = a : b : c$	135° 46′	135°	$= P$	135° 51′
Gröfse der drei	101 37	101		101 19
Kantenwinkel	94 44	94		95 20
$m = 2a : b : \infty c$			$= i$	
$m : m = 100°$	100° 30′		$i : i =$	100° 19′
80	79 30			79 41
$h = a : \infty b : \infty c$			$= l$	
$b^{\frac{1}{2}} : b^{\frac{1}{2}}$ (über a')	135° 41′		$= n$	135° 26′
				72 35
				125 56

Das spec. Gewicht beider Mineralien ist:

Brookit.		Arkansit.	
4,125 — 4,169	Breithaupt	3,854	Shephard
3,81 (?)	Hermann	3,952	Breithaupt
4,128 durchsicht. Kryst.	H. Rose	3,892	nach meinen Versuchen.
4,131 durchsicht. Kryst.	H. Rose	3,923	nach meinen Versuchen.
4,165 undurchs. Kryst.	H. Rose	3,949	nach meinen Versuchen.
4,167 undurchs. Kryst.	H. Rose		
4,156	nach meinen Versuchen.		

Aber es ist das spec. Gewicht des Arkansits dem des Anatases fast ganz gleich, insofern dasselbe ist:

3,857	nach Vauquelin
3,82	- v. Kobell
3,826	- Mohs
3,75	- Breithaupt
3,8899	- H. Rose
3,912	- H. Rose
3,917	- H. Rose
3,927	- H. Rose

1) Journ. für prakt. Chem. Bd. 46, S. 401.

Es scheint selbst hiernach, dafs beide dieselben seyen. Man könnte daher sagen, der Arkansit sey *Titansäure von der Form des Brookits und der Dichtigkeit des Anatases.*

Wenn Hermann's Beobachtung richtig ist, so würde dieser Satz auch für den Brookit gelten.

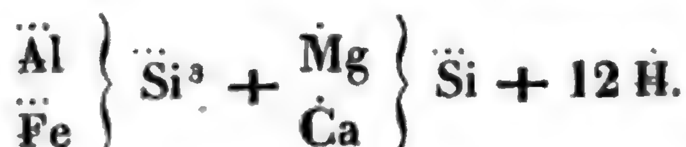
Da nun Körper von gleicher Form und gleicher Zusammensetzung nur *eine* Species bilden können, so darf der Arkansit nur als *Varietät* des Brookits angesehen werden [1]).

XIII. *Chemische Zusammensetzung des Smectits.*

Der *Smectit* [2]) von Cilly in Unter-Steiermark, ein ausgezeichnetes porodisches Gebilde, wurde von Hrn. L. A. Jordan analysirt, und enthält:

Kieselsäure	51,21
Thonerde	12,25
Eisenoxyd	2,07
Magnesia	4,89
Kalkerde	2,13
Wasser	27,89.

Diese Mischung entspricht der Formel



$$\left.\begin{matrix}\dddot{Al}\\ \dddot{Fe}\end{matrix}\right\} \ddot{Si}^3 + \left.\begin{matrix}\dot{Mg}\\ \dot{Ca}\end{matrix}\right\} \ddot{Si} + 12\,\dot{H}.$$

Uebrigens findet sich das Mineral auch zu Zeug in Kroatien.

1) Dem letzten Hefte des *Philosoph. Magazine* (*July* 1849 *p.* 75) zufolge hat sich auch Prof. Miller in Cambridge von der völligen Uebereinstimmung beider Mineralien in den Formen und Winkeln überzeugt. P.

2) Breithaupt's vollst. Handb. d. Miner. Bd. 2. S. 344.

XIV. *Zur näheren Kenntniſs des Ozons; von* G. Osann.

(Fortsetzung vom Aufsatz Ann. Bd. 75, 386.)

9. In der vorhergehenden Nummer war mitgetheilt worden, daſs aus einer Auflösung von Bleioxyd in Kalilauge durch ozonisirte Luft ein gelber Niederschlag erhalten worden war. Es wurde dieser Niederschlag auf's Filter gebracht und ausgewaschen. Beim Trocknen hatte er eine röthliche Farbe angenommen. Ein Theil davon wurde mit Essigsäure übergossen. Diese hatte denselben über Nacht bis auf einen ganz geringen braunen Rückstand (braunes Bleioxyd) aufgelöst. Von diesem Körper wurden, nachdem er gehörig getrocknet worden war, 0,0661 Grm. abgewogen und einer Glasröhre mit gereinigtem Wasserstoffgas unter Anwendung von Wärme behandelt. Er reducirte sich zu Blei, deutlich erkennbar an den zusammengeschmolzenen metallischen Kügelchen. Die Menge des erhaltenen Bleis betrug 0,0627 Grm. oder 94,85 Proc., die atomistische Zusammensetzung des Bleioxyds giebt 92,86. Bedenkt man jedoch, daſs schwerlich durch bloſses Auslaugen alles Kali aus der Verbindung zu entfernen war, so wird man soweit das Resultat als richtig annehmen können, daſs Vorliegendes nichts anders als Bleioxyd gewesen ist und zwar von der Modification, in welcher es Mitscherlich erhielt, als er eine concentrirte Lösung von einem Bleisalz in einen siedenden Brei von Kalkhydrat und Wasser goſs und das Kochen fortsetzte, bis sich das gefällte Bleioxyd in ein schweres rothes Pulver verwandelt hatte.

10. Ich habe in No. 7 angeführt, daſs durch anhaltendes Ueberführen von atmosphärischer Luft über Phosphorstücke diese sich ändern und schwarz werden. Fernere Versuche hierüber haben mich belehrt, daſs man diesen sogenannten schwarzen Phosphor am besten auf folgende Weise erhält. Man

Man bereitet rothes Phosphoroxyd durch Verbrennen von geschmolzenem Phosphor unter Wasser mittelst Sauerstoffgas, und behandelt dasselbe mit Phosphorsäure. Es wurde hierzu Sauerstoffgas angewendet, bereitet aus chlorsaurem Kali, nachdem es vorher durch Kalilauge hindurchgeführt worden war. Diefs Gas wurde durch eine gebogene Glasröhre auf den unter Wasser geschmolzenen Phosphor geleitet. Das so erhaltene rothe Phosphoroxyd wurde nun mit concentrirter Phosphorsäure gekocht. Es veränderte hierdurch bald seine Farbe wie sein Volumen und nahm ein schwarz-graues Ansehen an. Beim fortgesetzten Kochen schied sich ein schwarzes Pulver ab, während die Masse ein graubraunes Ansehen annahm. Das Ganze wurde filtrirt und die braune Phosphormasse herausgenommen. Sie wurde hierauf mit Salpetersäure gekocht. Sie löste sich hierdurch vollkommen auf. Die Flüssigkeit wurde dann mit Ammoniak versetzt, wodurch sie eine schwache bläuliche Farbe annahm.

Das auf dem Filter gebliebene schwarze Pulver wurde mit dem Filter verascht, der Rückstand mit Salpetersäure behandelt und der Flüssigkeit zuletzt einige Tropfen Salzsäure zugesetzt. Die Flüssigkeit wurde nun mit Ammoniak übersetzt. Sie nahm eine schwach bläuliche Farbe an. Diese und die vorher angeführte auf gleiche Weise erhaltene Flüssigkeit wurden zusammengegossen und es wurde Schwefelwasserstoffgas hindurch geleitet. Es entstand sogleich ein brauner Niederschlag. Er wurde abfiltrirt. Das Filter mit dem Niederschlag wurde verascht und das Zurückgebliebene mittelst des Löthrohrs untersucht. Mit Phosphorsalz erhielt ich in der äufseren Flamme eine vollkommen durchsichtige grüne Perle, in der innern wurde sie bei einem kleinen Zusatz von Zinn sogleich roth und undurchsichtig. Es kann hiernach kein Zweifel seyn, dafs vorliegender Körper Kupfer war. Diefs Vorhandenseyn von Kupfer in Phosphor ist sehr merkwürdig. Es wäre zu wünschen, dafs verschiedene Phosphorsorten in dieser Beziehung geprüft würden. Sollte sich dieser Kupfergehalt auch

bei andern Phosphorarten ergeben, so dürfte sich die schwarze Modification des Phosphors auf ein Phosphoret von Kupfer zurückführen lassen.

11. Läfst man durch die ammoniakalische Auflösung, welche man erhält, wenn man salpetersaures Silberoxyd mit Ammoniak versetzt, ozonisirte Luft streichen, so entsteht ein schwarzer Niederschlag in der Flüssigkeit. Es wurde dieser Niederschlag abfiltrirt und getrocknet. Er stellte ein rein schwarzes Pulver dar. Bekanntlich hat neuerdings Wöhler ein Silberoxydul von schwarzer Farbe entdeckt. Es war mir wahrscheinlich, dafs vorliegender Körper hiermit identisch sey. Es wurden daher 0,1888 Grm. hiervon, nachdem er scharf getrocknet worden, abgewogen und in einer Glasröhre unter Erwärmung mit Wasserstoffgas reducirt. Es reducirte sich ungemein leicht. Ich erhielt 0,1842 Grm. reducirtes Silber. Diefs berechnet giebt 97,56 Proc. Silber und 2,44 Proc. Sauerstoff. Diefs Verhältnifs entspricht genau 3 Atomen Silber und 1 Atom Sauerstoff. Wöhler fand es aus 2 At. Silber und 1 At. Sauerstoff zusammengesetzt. Ich bin jedoch weit entfernt meine Analyse für die richtigere auszugeben, bevor ich nicht durch Analyse einer neuen Menge obige Zusammensetzung bestätigt habe. — Läfst man die ammoniakalische salpetersaure Silberoxyd-Lösung an der Luft stehen, so bildet sich nach Verlauf einiger Wochen am Rand der Flüssigkeit eine Salzkruste, welche geschwärzt ist und dem Ansehen nach dasselbe Oxyd enthält. Diese Erscheinung entspricht ganz dem Verhalten der mit Jodkaliumlösung getränkten Stärcke, welche ebenfalls mit der Zeit an der Luft sich bläut. Man würde daher wohl die Wirkung des Ozons, wie die des Sauerstoffs, in eine langsame, welche schon die Luft bewirken kann, und in eine rasche unterscheiden können.

12. Um etwas Gewisseres über den weifsen Dampf zu erfahren, welcher sich bei der Ozonbereitung bildet, wenn atmosphärische Luft über Phosphorstücke geleitet wird, wurde folgendermafsen verfahren. Die ozonisirte Luft wurde

aus der Glasröhre zuvörderst in ein Glasgefäſs geleitet, welches mit einer Auflösung von Jodkalium in Wasser gefüllt war. Von diesem ging eine Röhre in ein Gefäſs mit Wasser und von diesem eine zweite Röhre in die obere Oeffnung einer Glasglocke, deren untere unter Wasser stand. Durch das Jodkalium wurde das Ozon absorbirt und es gelangten nur die weiſsen Dämpfe in die Glasglocke. Nachdem diese stark damit erfüllt war, wurde die Operation unterbrochen. Nach ungefähr 24 Stunden war der weiſse Dampf verschwunden, das Wasser, womit die Glocke gesperrt worden war, reagirte sauer. Mit Kalkwasser versetzt erfolgte kein Niederschlag. Die Flüssigkeit gekocht, setzte ein weiſses Pulver ab. Man wird hiernach nicht zweifeln können, daſs vorliegender Körper phosphorige Säure ist. Und zwar wird man zwei Modificationen derselben anzunehmen haben, eine, in welcher sie der Vereinigung mit Wasser widersteht, und eine andere, in welcher sie mit Verwandschaft hierzu begabt ist.

Sollte das Ozon wirklich nur eine Modification des Sauerstoffs seyn, so würde man, wie bei anderen Körpern, zwischen activem Sauerstoff (Ozon) und passivem Sauerstoff in gasförmigem Zustand, unterscheiden können. Auch die erwähnten Modificationen der phosphorigen Säure würde man so zu unterscheiden haben. In dieser Beziehung ist es gewiſs bemerkenswerth, daſs bei der Ozonbereitung durch Phosphor, der Sauerstoff in die active und die phosphorige Säure in die passive Modification übergeführt wird.

Würzburg den 30. März 1849.

XV. *Höhen in Bolivia.*

Hr. Pissis hat bei Gelegenheit der Aufnahme einer Karte von Bolivia, mit welcher ihn die Landes-Regierung be-

auftragt hatte, unter anderem folgende Höhen trigonometrisch gemessen.

		Meter.
Illimani (Zenithdistanz vom El Pilar aus)	. .	6575
- (- - Chuquiaguillo aus)		6452
- (- - Capilla aus)	. .	6455
- (- - Pic de Tomosa aus)		6573
	Mittel	6509
Huaina Potosi (Mittel)	. . . .	6084
Dom von Saujama (isolirter Trachytberg)	. .	6414
Schneegränze am Illimani (Octob. 1847)	. .	5260
Cerro de Nigro Farellon (bei Oruro)	. . .	5383
Cerro de Vilacota	. . . .	5372

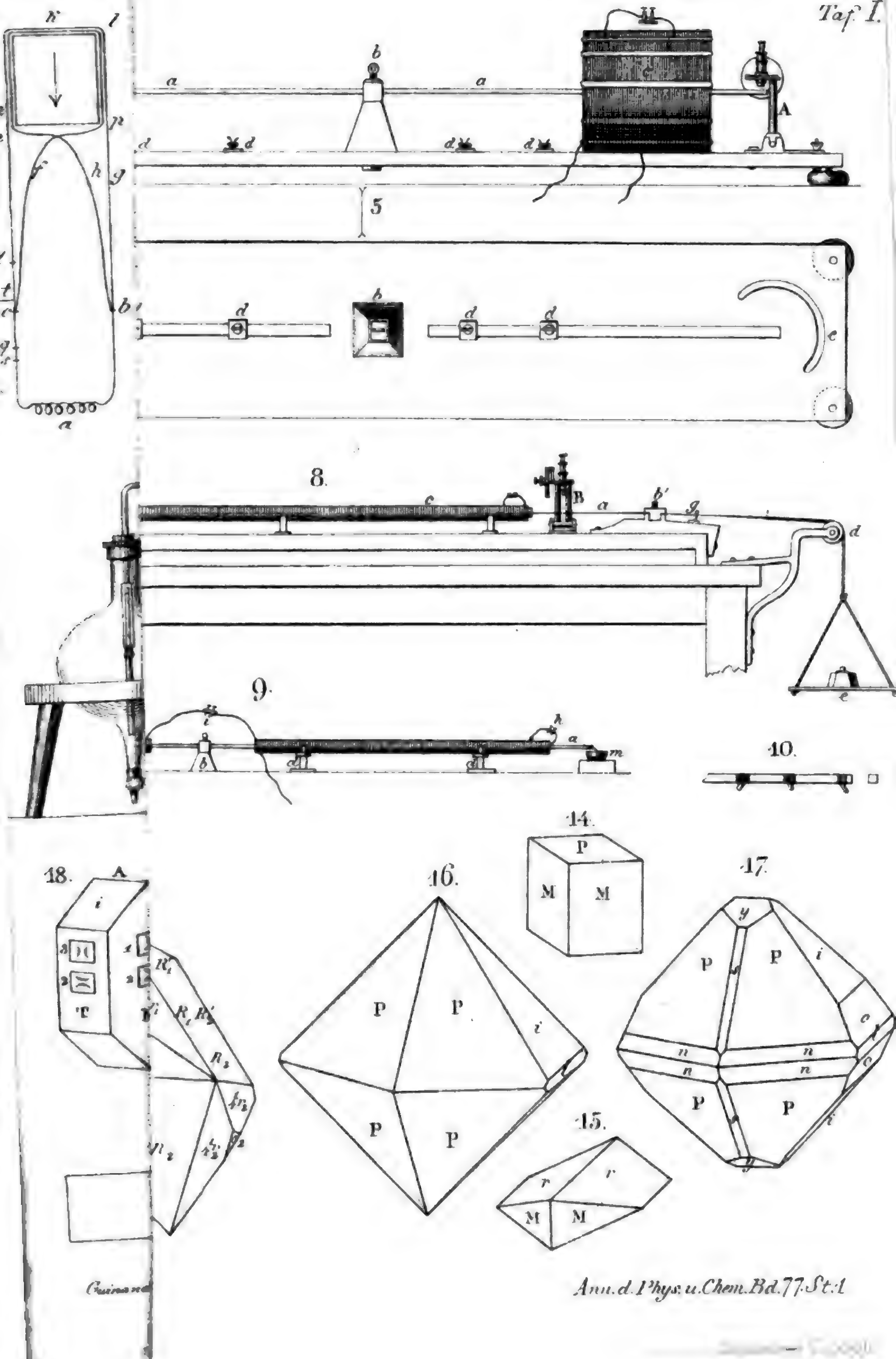
Die beiden letzten Berge, obwohl höher als die Schneegränze am Illimani, tragen nicht das ganze Jahr hindurch Schnee, weil sie im centralen Theil des Plateaus liegen, wo, bei gleicher Höhe, die Temperatur höher ist als in den Andes.

Pic de Poopo (am See gleiches Namens)	. .	5064
Pic de Tomosa (bei Calamarca)	. . . . . .	4381
El Pilar (auf dem Plateau von La Paz)	. .	4149
Corro d'Oruro	. . . .	4134

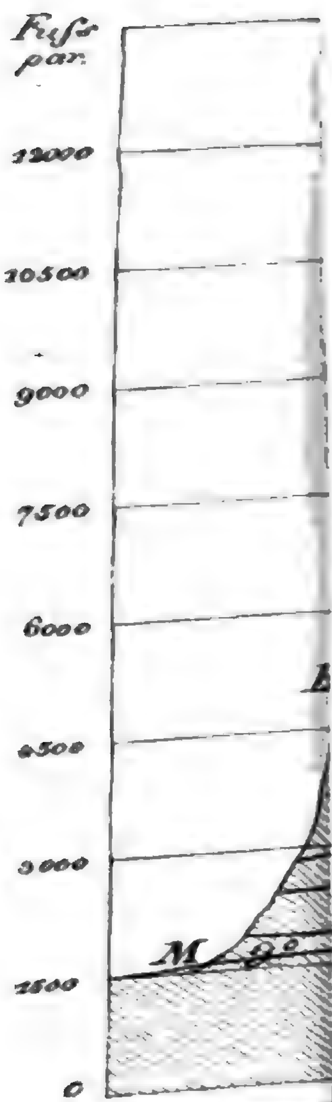
(*Comp. rend. T. XXIX, p.* 11. — Vergl. Pentland, Ann. Bd. 75, S. 176.)



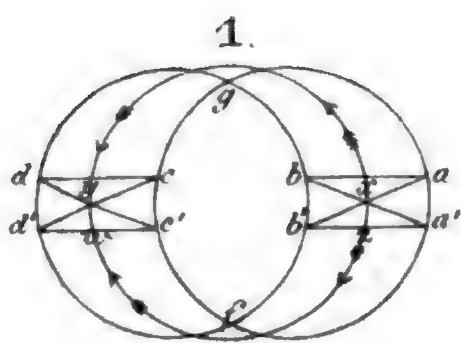
Gedruckt bei A. W. Schade in Berlin, Grünstr. 18.

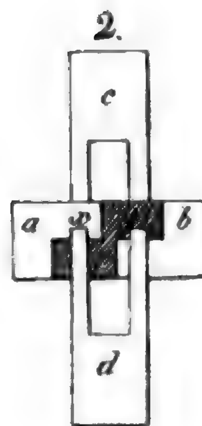

5
8.
9.
10.
14.
15.
16.
17.
18.
Guinand

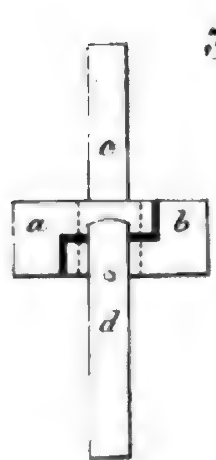




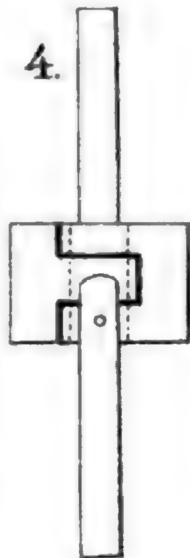
M=München.
G=Goldnechh

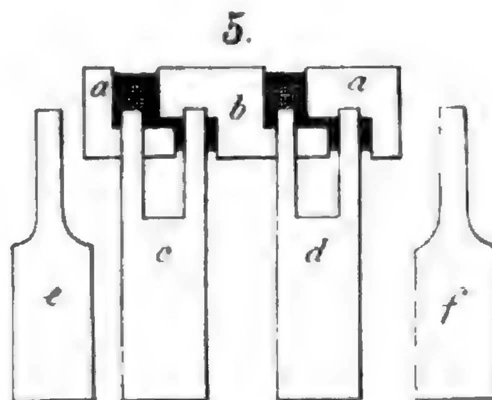


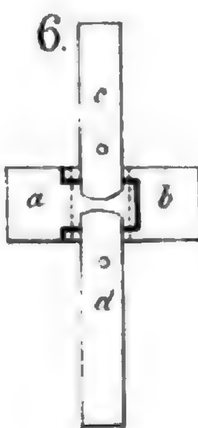


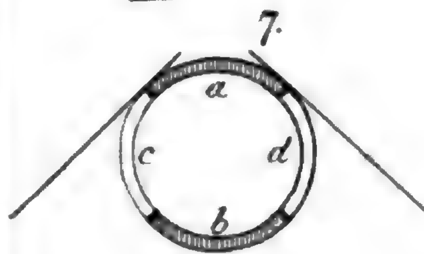


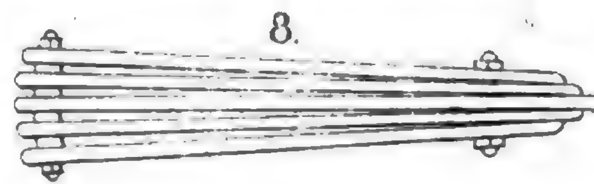


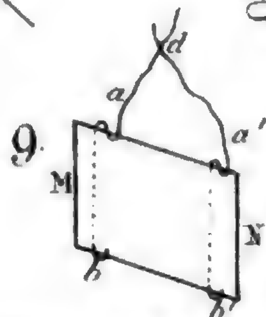












Guinand sc.

